Sistemas de carga y arranque

Esteban José Domínguez

TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS



Sistemas de carga y arranque

Esteban José Domínguez



ACCESO

Test de autoevaluación interactivos



ÍNDICE



CÓMO SE USA ESTE LIBRO

Cada unidad de este libro comienza con un **caso práctico inicial,** que plantea una situación relacionada con el ejercicio profesional y vinculado con el contenido de la unidad de trabajo. Pretende que comprendas la utilidad de lo que vas a aprender. Consta de una situación de partida y de un estudio del caso, que o bien lo resuelve o da pistas para su análisis a lo largo de la unidad. El caso práctico inicial se convierte en **eje vertebrador de la unidad** ya que se incluirán llamadas que hagan referencia a ese caso concreto, a lo largo del desarrollo de los contenidos.



El desarrollo de los contenidos aparece ordenado en epígrafes y subepígrafes y acompañado de numerosas ilustraciones, seleccionadas de entre los equipos y herramientas más frecuentes que te vas a encontrar al realizar tu trabajo.

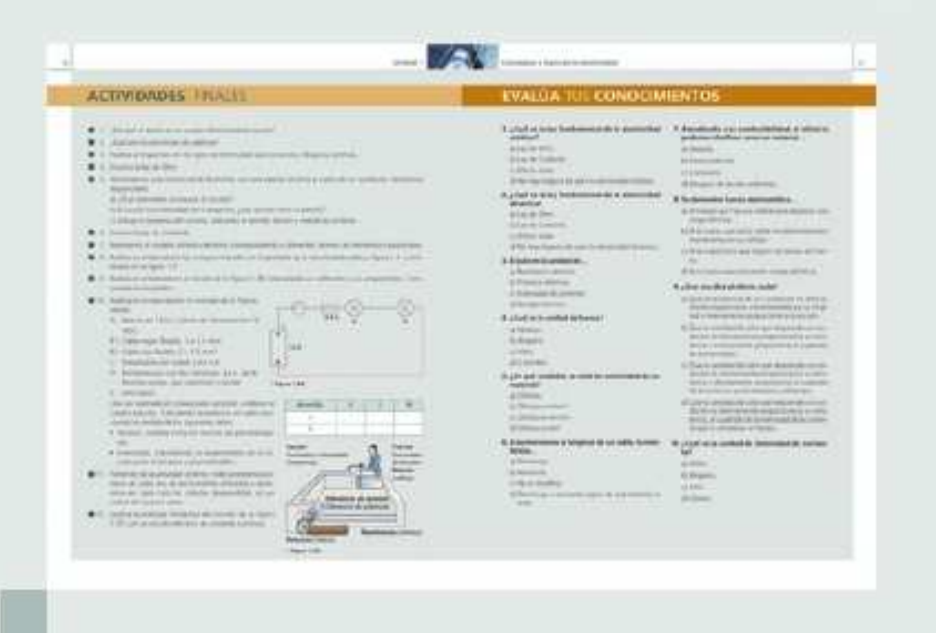
En los márgenes aparecen textos que amplían los contenidos y llamadas al caso práctico inicial.

A lo largo del texto se incorporan **actividades** propuestas y **ejemplos** que ayudan a asimilar los conceptos tratados.



Como cierre de la unidad se proponen una serie de **actividades finales** para que apliques los conocimientos adquiridos y, a su vez, te sirvan como repaso.

El apartado **evalúa tus conocimientos** consiste en una batería de preguntas que te permitirán comprobar el nivel de conocimientos adquiridos tras el estudio de la unidad.



IMPORTANTE

Todas las actividades propuestas en este libro deben realizarse en un cuaderno de trabajo, nunca en el propio libro.

En la sección **práctica profesional** se plantea el desarrollo de un caso práctico, en el que se describen las operaciones que se realizan, se detallan las herramientas y el material necesario, y se incluyen fotografías que ilustran los pasos a seguir.

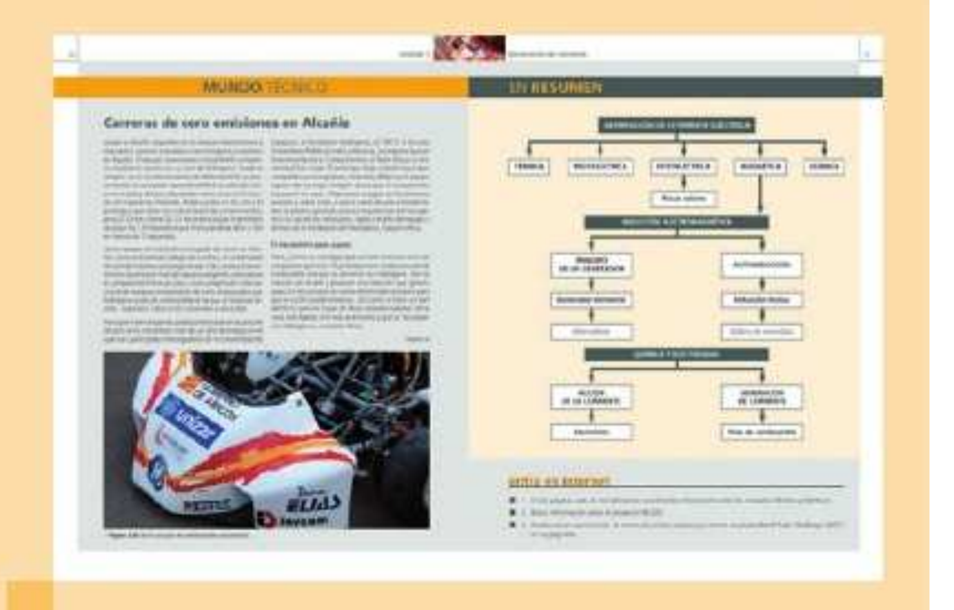
Estas prácticas profesionales representan los resultados de aprendizaje que debes alcanzar al terminar tu módulo formativo.



La sección **mundo técnico** versa sobre información técnica de este sector y vinculada a la unidad. Es importante conocer las últimas innovaciones existentes en el mercado y disponer de ejemplos en la vida real de las aplicaciones de los contenidos tratados en la unidad.

La unidad finaliza con el apartado **en resumen**, mapa conceptual con los conceptos esenciales de la unidad.

Además, se incluyen en el apartado **entra en Internet** una serie de actividades para cuya resolución es necesario consultar diversas páginas web sobre componentes y equipos.



El libro termina con un anexo:

- Extracto de normas DIN 40 700 ... 40 719



1 Conceptos y leyes de la electricidad



vamos a conocer...

1. La materia, el electrón y la electricidad
2. Principios básicos de la electricidad
3. Electricidad dinámica
4. Corriente eléctrica
5. Ecuaciones fundamentales de la electricidad

PRÁCTICA PROFESIONAL
Realización de medidas de tensión, intensidad y resistencia

MUNDO TÉCNICO
El primer coche eléctrico comercializado en España: el REVA

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los principios básicos de la electricidad.
- Podrás identificar los distintos tipos de corriente, alterna y continua.
- Conocerás los tres parámetros más importantes de un circuito eléctrico.
- Podrás realizar cálculos aplicando la ley de Ohm.
- Podrás calcular la intensidad que circula por un circuito conociendo la potencia instalada.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Emilio tiene un ordenador portátil que conecta a la red eléctrica de su casa para poder trabajar con él; en muchas ocasiones trabaja con el ordenador en su coche y, cuando se descarga la batería, tiene que dejar de trabajar. Ha intentado cargarla en el coche, pero el adaptador que tiene su cargador no puede conectarse al encendedor para poder realizar la carga.

La duda que se le plantea es si es posible cargar la batería de su ordenador en la red eléctrica de su coche.

Cada día estamos más acostumbrados a convivir con la electricidad y sus circuitos eléctricos. La electricidad se emplea para alimentar los circuitos eléctricos y electrónicos de la televisión, el frigorífico, la lavadora, el ordenador, la cámara de fotos, etc. Los automóviles, los trenes y los aviones también disponen de sofisticados circuitos eléctricos y electrónicos.

Según las necesidades industriales del equipo o máquina que se trate, la electricidad se puede presentar de dos formas distintas:

- Como corriente alterna.
- Como corriente continua.

La **corriente alterna** se puede transportar a grandes distancias desde las plantas generadoras hasta las ciudades, empleando las redes de alta tensión y los centros de transformación, es peligrosa su manipulación sin conocimientos, no se puede almacenar en baterías y para que funcione un equipo o máquina es necesario mantenerlo conectado a la red eléctrica. La energía se genera en el instante que se consume.

La **corriente continua,** en cambio, se puede almacenar en baterías, permitiendo que los equipos funcionen sin conexión directa a la red.

Los automóviles, las cámaras de fotos, los ordenadores portátiles, los teléfonos móviles, etc. funcionan con corriente continua y no es nada peligrosa su manipulación.

Es posible rectificar la corriente alterna y transformarla en corriente continua y viceversa. Por ejemplo, las placas solares generan electricidad en corriente continua que se rectifica y transforma en alterna para poder ser transportada a través de la red eléctrica y poder ser consumida en las viviendas.

Para que Emilio pueda cargar la batería del ordenador portátil en su casa, tiene que conectar un transformador rectificador de 240 V en alterna a corriente continua de 19 V, que es la tensión de trabajo de la batería de su ordenador.

En su coche necesita un transformador de 12 V a 19 V, no necesita rectificador de alterna a continua, ya que la corriente de su coche es continua. La conexión del transformador debe ser tipo «encendedor».

El técnico en electromecánica, para poder trabajar y reparar los circuitos eléctricos de los vehículos, necesita conocer los fundamentos de la electricidad, las magnitudes eléctricas de la corriente continua, la tensión, la intensidad y la resistencia, y también debe conocer y poder aplicar las leyes que las relacionan entre sí (ley de Ohm, principalmente) así como el manejo de los equipos de medida: voltímetro-amperímetro, polímetro y osciloscopio.



↑ Transformador de 12 V a 19 V en continua.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, trata de contestar las siguientes preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar a todas las preguntas de este caso práctico.

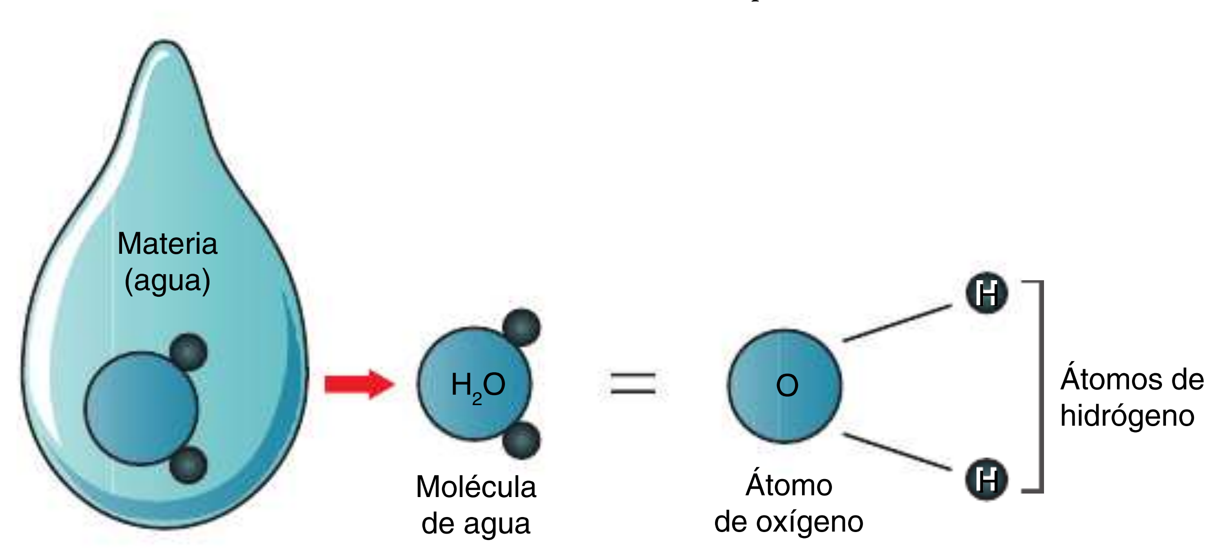
1. ¿Qué tipo de corriente se emplea en los vehículos?
2. ¿Qué tipo de corriente se emplea en las viviendas y talleres?
3. ¿Un equipo eléctrico se puede conectar a cualquier red eléctrica?
4. ¿Crees que un vehículo puede funcionar con cualquier tipo de corriente? Razona la respuesta.
5. ¿La corriente continua se puede rectificar y transformar en alterna?
6. ¿Qué ley relaciona las magnitudes eléctricas?
7. ¿Qué útiles eléctricos de medida se emplean en las reparaciones de electromecánica?

1. La materia, el electrón y la electricidad

1.1. Estructura de la materia

Si dividimos la materia en partes lo más pequeñas posibles, manteniendo para cada una de ellas su naturaleza original, obtenemos pequeñas partículas denominadas moléculas. A su vez, las moléculas están divididas en átomos (del griego «sin división»).

Si la molécula está formada por átomos iguales, la combinación es un elemento; mientras que si son átomos desiguales los que la forma, la combinación es un compuesto. Los átomos que conforman un elemento químico son todos iguales, pero diferentes de los átomos de los demás elementos químicos.



↑ **Figura 1.1.** Estructura de la materia.

vocabulario

Materia

Toda sustancia que tiene masa y ocupa un espacio.

saber más

Niels Bohr

Niels Bohr nació en Copenhague el 7 de octubre de 1885, y murió en la misma ciudad, el 18 de noviembre de 1962.

En 1911 escribió su doctorado sobre la teoría de los electrones de los metales.

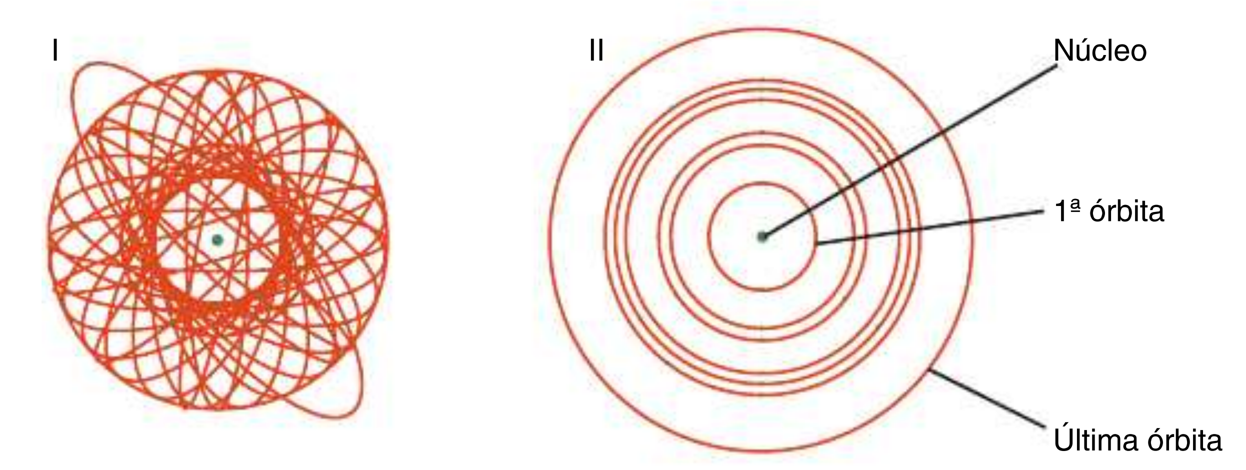
En 1913 desarrolló su modelo atómico en analogía a nuestro sistema planetario. Según su modelo, todos los electrones se mueven en órbitas circulares alrededor del núcleo atómico.

1.2. El átomo

Desde el punto de vista eléctrico, todos los átomos están constituidos por un núcleo central que está rodeado de una nube de partículas minúsculas denominadas electrones que giran en diferentes órbitas casi elípticas alrededor del núcleo, a una velocidad aproximada de 2.000 km/s.

El núcleo a su vez está constituido por dos tipos de partículas, los protones y los neutrones, que esencialmente constituyen la masa del átomo.

Esta concepción planetaria del átomo fue enunciada por Bohr. La figura 1.2 representa el modelo atómico planetario.



↑ **Figura 1.2.** Modelo atómico de Bohr.

saber más

Masa del protón

=

Masa del neutrón

=

Masa de 1.837 electrones



1.3. Carga eléctrica

Tanto los electrones como los protones poseen una propiedad denominada carga eléctrica. La carga eléctrica de los protones se considera positiva y la de los electrones negativa; los neutrones no tienen carga eléctrica. Dado que el átomo tiene igual número de protones con carga positiva que de electrones con carga negativa, es eléctricamente neutro.

1.4. Electrones de valencia

Los electrones se mantienen en sus órbitas debido a la fuerza de atracción que ejerce el núcleo sobre ellos, siendo la fuerza de atracción débil para los electrones que se encuentran en la órbita más alejada del núcleo, llamada orbital de valencia.

Los átomos tienden a completar su última órbita y mantenerse estables. Por ejemplo el cobre tiene 29 electrones repartidos del siguiente modo: en la primera órbita dos, en la segunda ocho, en la tercera 18 y en la última 1 electrón, el cobre, al tener un electrón libre en su última órbita, lo pierde con facilidad, el electrón libre, pasa con facilidad de un átomo a otro siendo el cobre un material que conduce la electricidad con facilidad.

saber más

El número de electrones que el átomo tiene en la última órbita, llamados electrones de valencia o electrones libres, definen su comportamiento eléctrico.

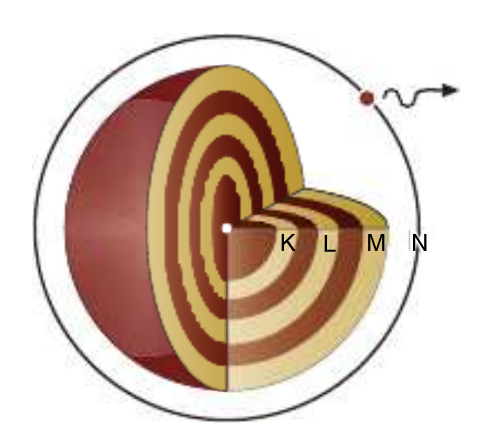
Materiales conductores, aislantes y semiconductores

Los materiales conductores conducen la electricidad. Los metales son buenos conductores de la corriente eléctrica ya que poseen pocos electrones en sus últimas órbitas y, por lo tanto, tienden a perderlos con facilidad. De esta forma, cuando varios átomos de un metal se acercan, los electrones de su última órbita se pueden desprender y circulan entre ellos. La plata, el cobre y el aluminio son buenos conductores eléctricos.

Los materiales aislantes están formados por átomos con muchos electrones en su última órbita (de cinco a ocho). La órbita se encuentra casi completa, por lo que no tienen tendencia a perderlos con facilidad y a no establecer una corriente de electrones. De ahí su alta resistencia eléctrica. El vidrio, los plásticos, el caucho son buenos aislantes eléctricos.

Los materiales semiconductores tienen como característica principal la de conducir la corriente eléctrica en determinadas circunstancias, y evitar el paso de la corriente en otras (conduce y no conduce).

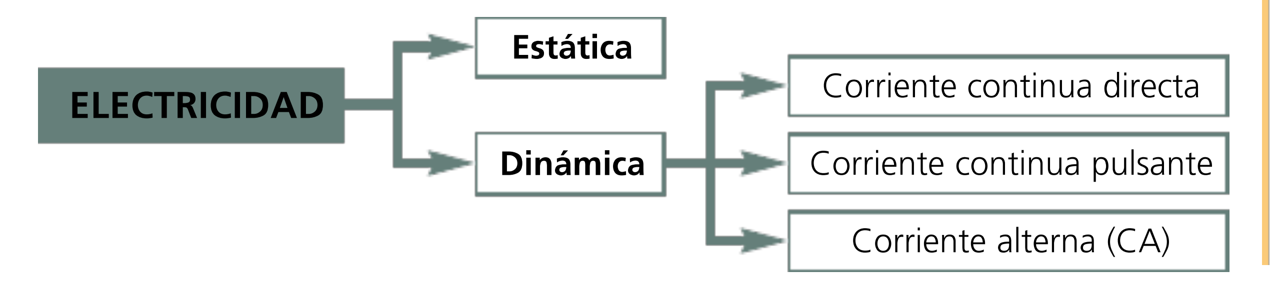
La estructura atómica de dichos materiales presenta una característica común: está formada por átomos con cuatro electrones en su última órbita, por lo que les es fácil ganar cuatro electrones o perder otros cuatro para completar la órbita. El silicio y el germanio son los semiconductores más empleados.



↑ **Figura 1.3.** Modelo estratiforme del átomo.

1.5. Electricidad

La electricidad se clasifica en: electricidad estática y dinámica. A su vez la electricidad dinámica se divide en corriente continua o directa (CD), corriente continúa pulsada y corriente alterna (CA).



caso práctico inicial

Todos los circuitos eléctricos no trabajan con el mismo tipo de corriente, unos circuitos son de corriente alterna y otros de corriente continua.

2. Principios básicos de la electricidad

2.1. Electricidad estática

saber más

En el año 1832 Michael Faraday publicó los resultados de sus experimentos sobre la identidad de la electricidad, los físicos pensaban que la «electricidad estática» era algo diferente de las otras cargas eléctricas. Michael Faraday demostró que la electricidad inducida desde un imán, la electricidad producida por una batería, y la electricidad estática son todas iguales.

seguridad

La electricidad estática es muy peligrosa en los trabajos de carga y descarga de camiones cisternas que transportan hidrocarburos.

Se denomina electricidad estática a aquella que no se mueve respecto a la sustancia determinada. La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan uno contra el otro, como lana contra plástico o las suelas de zapatos contra la alfombra, el proceso de frotamiento provoca que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie del otro material que ofrece niveles energéticos más favorables.

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de cargas eléctricas en un objeto. Esta acumulación puede dar lugar a una descarga eléctrica cuando dicho objeto se pone en contacto con otro.

Los componentes de los circuitos eléctricos y electrónicos pueden dañarse con la electricidad estática.

La electricidad estática que podemos llevar en las prendas de vestir, se descarga a masa al tocar la parte metálica del vehículo. En la descarga se genera una corriente de baja intensidad y alta tensión. Antes de realizar verificaciones en las centralitas o sus conectores es conveniente tocar un punto de masa para descargar la electricidad estática que nuestra ropa pueda almacenar y evitar la descarga sobre los componentes de la centralita.

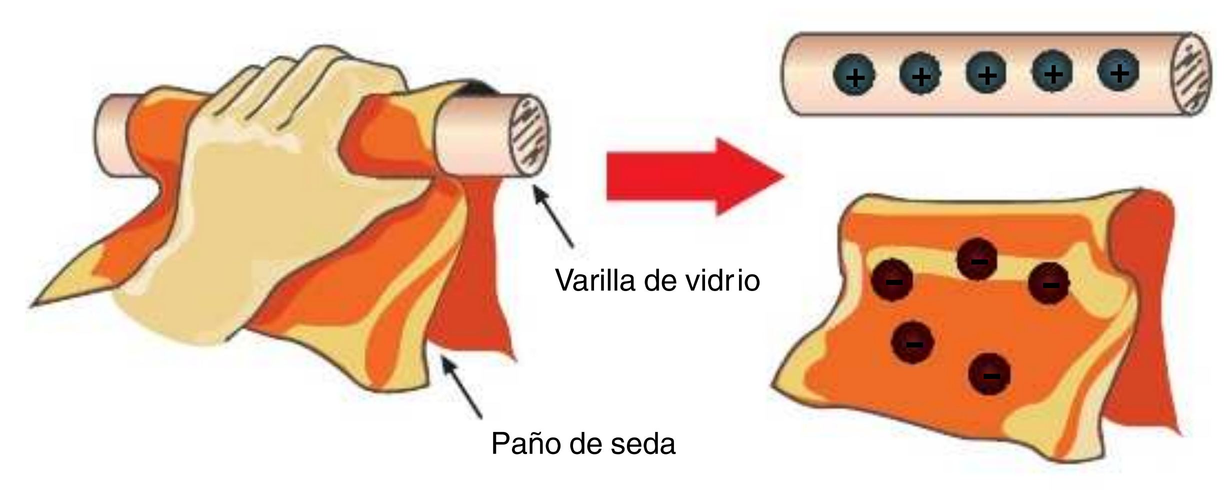
Si se necesita trabajar en cisternas que almacenan líquidos inflamables se deben extremar al máximo las medidas de seguridad para evitar descargas e incendios.

Un ejemplo de electricidad estática lo encontramos en la figura 1.4. frotando una varilla de vidrio (material no conductor) con un paño de seda, tanto el paño como la varilla quedan cargados eléctricamente (el paño con carga negativa y la varilla con carga positiva). La electricidad acumulada en ambos materiales permanecerá sin moverse a menos que los pongamos en contacto, o se conecten por medio de un conductor.

La electricidad estática se refiere al estado en el que los electrones libres están separados de sus átomos y no se mueven en la superficie de los materiales.

A la cantidad de electricidad con que se carga una sustancia se le llama carga eléctrica y se mide en culombios (C) que es la unidad de medida del sistema internacional (S.I.).

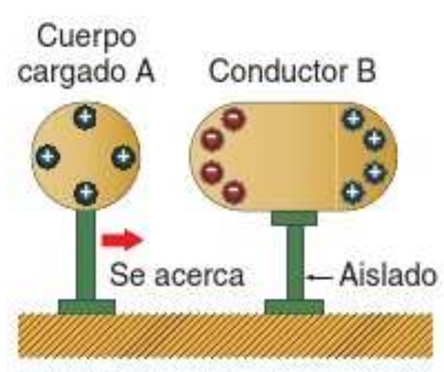
1 culombio = 6,25 10^{18} electrones libres



↑ **Figura 1.4.** Electricidad estática.

2.2. Inducción electrostática

Cuando se mueve un cuerpo cargado (A) hacia un conductor (B) aislado, aparece en la zona del conductor (B) más cercana al cuerpo cargado (A) una carga eléctrica que es opuesta a la carga del cuerpo cargado inicialmente (A). A este fenómeno se denomina inducción electrostática.



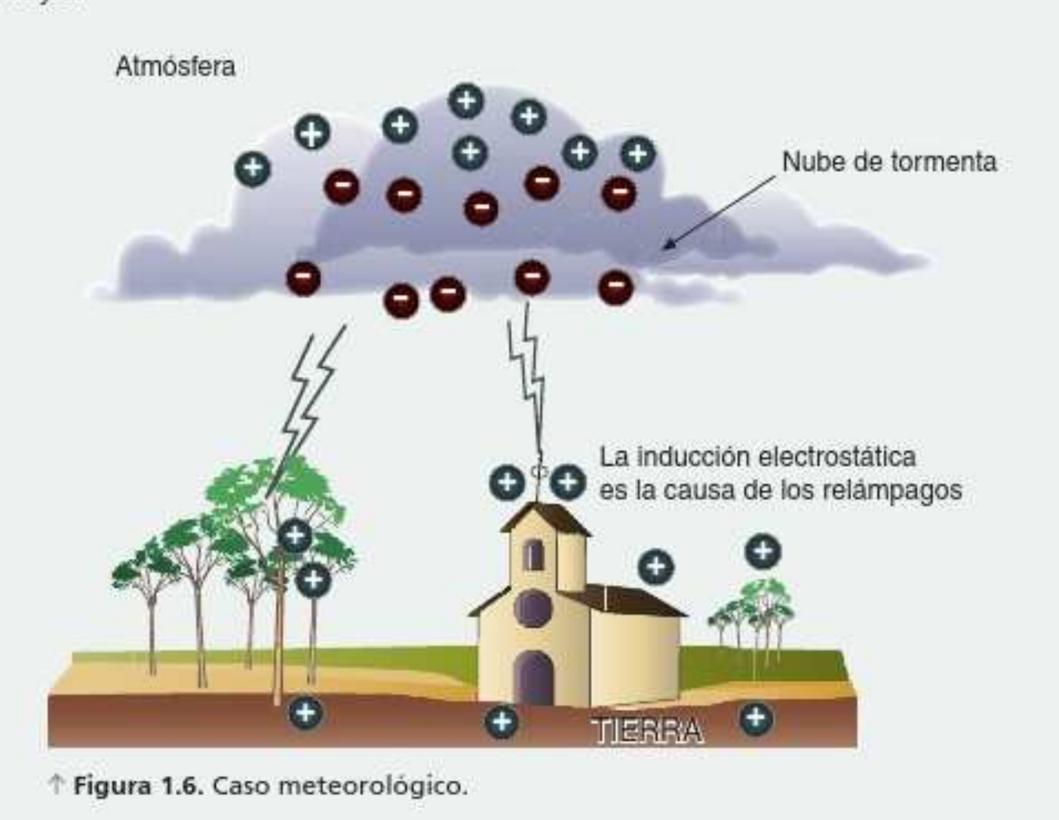
↑ **Figura 1.5.** Inducción electrostática.

EJEMPLO

Un caso metereológico

Las corrientes ascendentes y descendentes que se originan en las nubes provocan por fricción con los cristales de hielo y las gotas de agua la acumulación de cargas positivas en la parte alta de la nube y negativas en su parte inferior. Esta separación de cargas induce, a su vez, en la Tierra, una carga positiva, acumulada principalmente en las zonas puntiagudas (árboles, edificios, etc.).

En el interior de la nube y entre la nube y la Tierra se origina una diferencia de potencial, que cuando alcanza un determinado valor produce la descarga del rayo.



↑ **Figura 1.6.** Caso meteorológico.

saber más

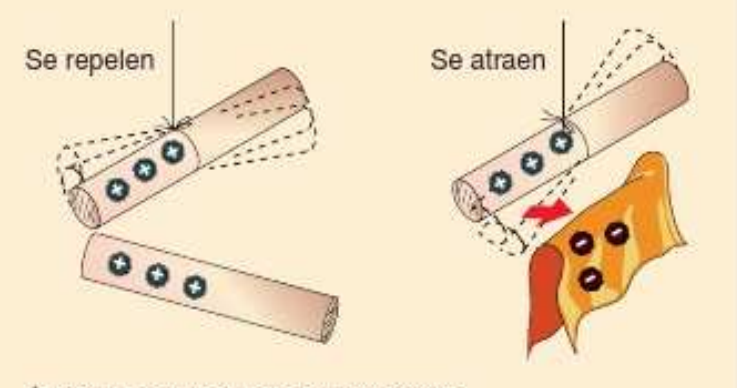
Repulsión y atracción

Cargas del mismo signo se repelen y cargas de distinto signo se atraen.

ACTIVIDADES

1. Si se cuelgan dos varillas de vidrio con hilos y se frotan ambas con un paño de seda (figura 1.7.) al acercarse una a la otra se repelerán. Por el contrario, si se acerca una de las varillas al paño de seda, ambos se atraerán.

   Este fenómeno demuestra que actúa una fuerza de repulsión entre cargas eléctricas del mismo signo, y de atracción entre cargas de signo opuesto. La fuerza que actúa entre cargas eléctricas se denomina fuerza electrostática. Compruébalo.



↑ **Figura 1.7.** Fuerza electroestática.

2.3. Ley de Coulomb

Como consecuencia del experimento anterior, Coulomb estableció la siguiente ley: la fuerza de atracción o repulsión sobre dos cargas puntuales (Q_1, Q_2) es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambas.

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

siendo:

Q_1, Q_2 = las cargas puntuales

d = distancia entre cargas

K = constante que depende del medio

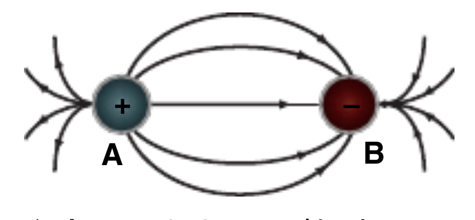
F = fuerza de atracción o repulsión

El valor de K en el sistema Internacional (siempre que el medio sea aire) es:

$$K = 9 \cdot 10^9 \ \frac{\text{newton} \cdot \text{metros}^2}{\text{culombios}^2}$$

El **culombio** o **coulomb (C)**, es la unidad derivada del SI para la medición de la cantidad de electricidad **(carga eléctrica)** y se define como la cantidad de carga transportada en un segundo por una corriente de un amperio de intensidad de corriente eléctrica.

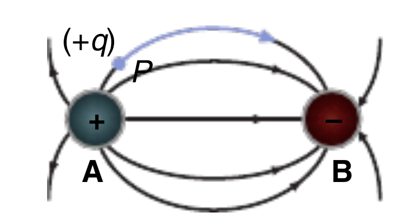
$$1\ \text{C} = 1\ \text{A} \cdot \text{s}$$



↑ **Figura 1.8.** Campo eléctrico.

2.4. Campo eléctrico

Si colocamos un conductor con carga positiva (A) y otro con carga negativa (B) relativamente cerca el uno del otro, el espacio que rodea a ambos conductores se encuentra sometido a su influencia, quedando alteradas sus propiedades iniciales. A dicho espacio se le denomina campo eléctrico.



↑ **Figura 1.9.** Líneas de fuerza.

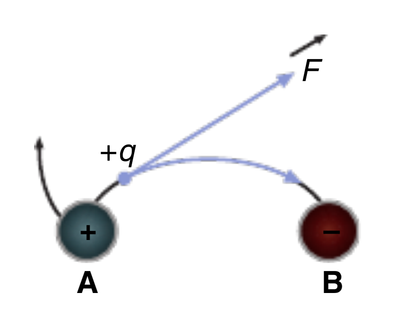
2.5. Líneas de fuerza

Al colocar una carga eléctrica (q), positiva y libre, en un punto (P) cerca del conductor A, la carga recorrerá una trayectoria similar a la del dibujo de la figura 1.9. y con el sentido indicado por la flecha. A estas trayectorias se las define como líneas de fuerza (en el caso que la carga fuese negativa el recorrido sería en sentido contrario).

2.6. Intensidad de campo eléctrico

En el apartado anterior hemos visto que una carga (q), situada en el seno de un campo electrostático, describe una trayectoria; esto es debido a la acción de una fuerza F tangente a la trayectoria que desplaza esta carga. Se define como intensidad de campo en un punto, E, a la fuerza que el campo ejerce sobre la unidad de carga colocada en dicho punto.

$$E = \frac{F}{q} \left(\frac{\text{newton}}{\text{culombio}} \right)$$

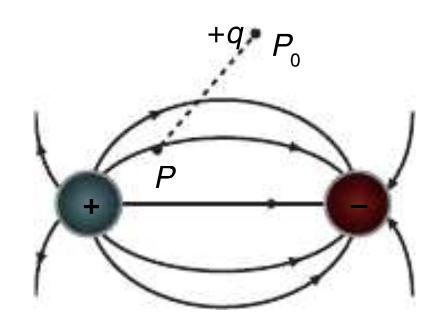


↑ **Figura 1.10.** Intensidad de campo eléctrico.

2.7. Potencial eléctrico en un punto

Si queremos trasladar una carga (+*q*, positiva) desde un punto de referencia fuera del campo P_o a un punto *P* dentro del campo, tendremos que realizar un trabajo para vencer las fuerzas de repulsión, quedando este trabajo almacenado como una energía potencial en dicho punto *P*. Se define potencial en un punto *P* al trabajo necesario por carga eléctrica para trasladar la carga +q desde un punto de referencia P_o al punto *P*.

$$U_p = \frac{T}{q}$$



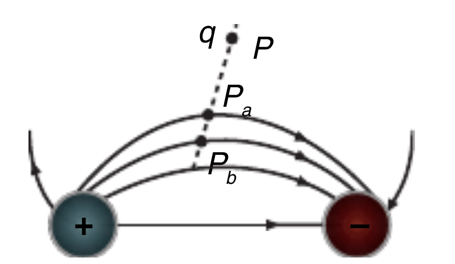
↑ **Figura 1.11.** Potencial eléctrico en un punto.

2.8. Diferencia de potencial (*U*)

Si consideramos dos puntos diferentes en el seno del campo eléctrico P_a y P_b y el mismo punto de referencia para ambos *P*, llamamos tensión o diferencia de potencial U a la diferencia de trabajo para trasladar una carga eléctrica desde el punto de referencia a cada uno de los puntos P_a y P_b figura 1.12.

$$U = U_b - U_a = \frac{(T_b — T_a)}{q}$$

$$U = \frac{\text{Julio}}{\text{Culombio}} = \text{Voltio (V)}$$



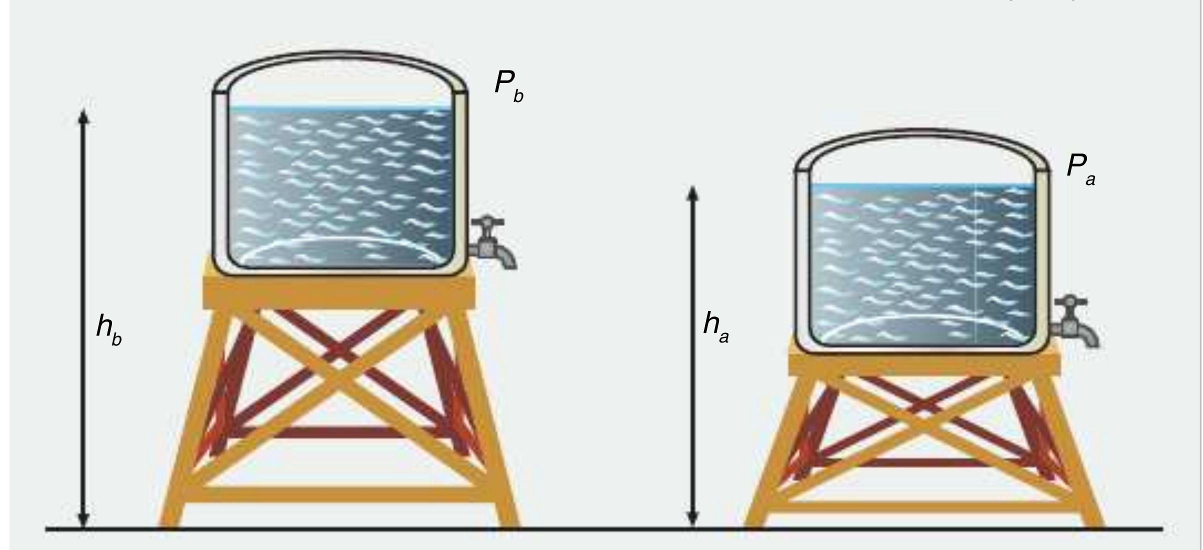
↑ **Figura 1.12.** Diferencia de potencial (U).

EJEMPLO

Analogía hidráulica

Para la comprensión de los epígrafes anteriores se suele utilizar una analogía entre el agua y la electricidad.

Supongamos un depósito a una altura (*h*), si lo llenamos trasladando el agua desde el suelo, habremos realizado un trabajo, que quedará almacenado en forma de energía potencial en el depósito. Este trabajo será mayor, y por tanto la energía potencial almacenada, cuanto más alto esté el depósito (este sería el potencial) en un punto (P_b), a una altura (h_b). Si colocamos otro depósito a una altura (h_a), menor que el anterior, tendríamos una energía potencial almacenada también menor, luego un potencial (P_a) menor, la diferencia de energía potencial (*U*) estará en función de la diferencia de alturas, es decir, $U = P_b - P_a$.



↑ **Figura 1.13.** Analogía hidráulica.

saber más

El voltio es una unidad de medida del SI

El voltio es la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un campo cuando para trasladar la carga de un culombio desde el punto de menos potencial al de más potencial hay que realizar el trabajo de un julio.

3. Electricidad dinámica

La electricidad dinámica es la corriente eléctrica que nos encontramos en la vida cotidiana, en las viviendas, talleres, automóviles, camiones, trenes, etc.

La corriente eléctrica que se emplea en un taller no es igual que la que dispone un automóvil, la electricidad dinámica se puede presentar del siguiente modo:

- Corriente continua directa.
- Corriente alterna.
- Corriente continua pulsada o discontinúa.

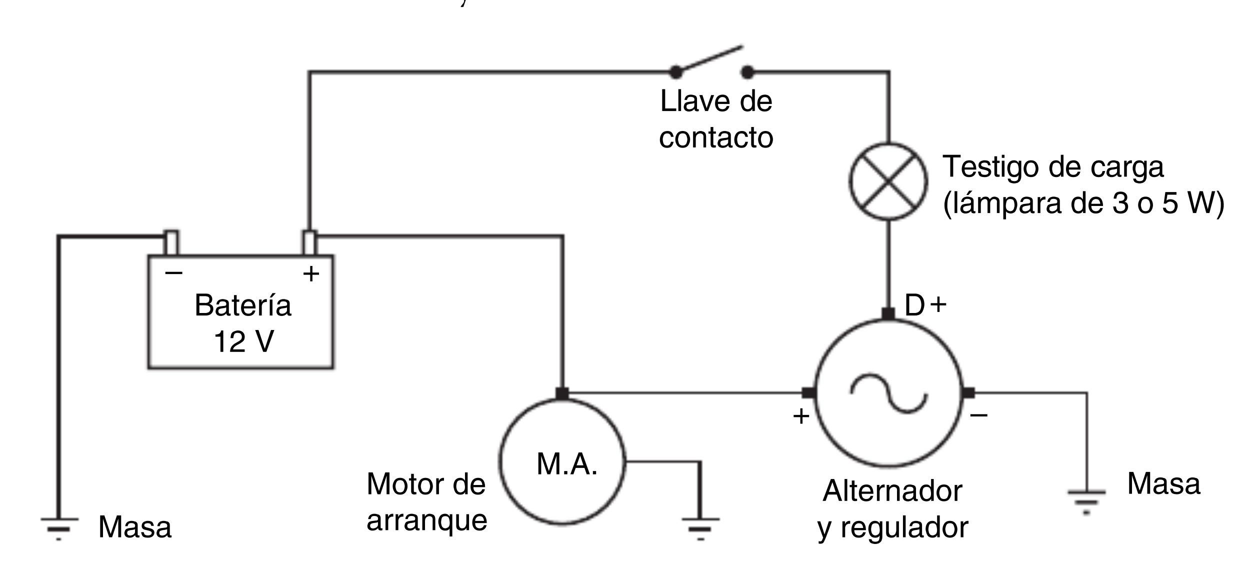
3.1. La corriente continua

La corriente continua se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, desde el polo negativo al polo positivo. Se caracteriza por su tensión, ya que, al tener un flujo de electrones prefijado pero continuo en el tiempo, proporciona un valor fijo de esta (de signo continuo), y en la gráfica *U-t* (tensión tiempo) se representa como una línea recta de valor V, (figura 1.14).

Un electrón al avanzar por el conductor, normalmente cobre, va dejando un espacio (hueco) positivo que a su vez es ocupado por otro electrón que deja otro espacio (hueco) y así sucesivamente, generando una serie de huecos que viajan en sentido opuesto al viaje de los electrones y que se puede entender como el sentido de la corriente positiva que se conoce.

Una gran ventaja de la corriente continua es que se puede almacenar en baterías y pilas. Esto permite que los vehículos dispongan de una determinada autonomía para el arranque y el consumo de los distintos elementos eléctricos y no necesiten tener una conexión eléctrica permanente con la red.

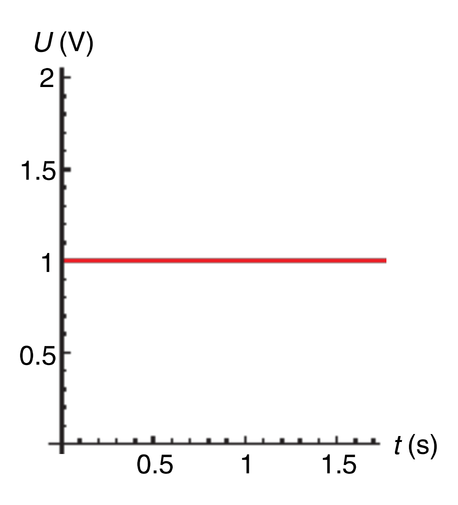
La corriente continua se emplea en todos los componentes electrónicos y en los circuitos eléctricos de los vehículos, automóviles, motocicletas, camiones, tractores, autobuses etc. Estos disponen de un circuito eléctrico de corriente continua (figura 1.15) que les permite ser autosuficientes eléctricamente. El circuito dispone de un circuito de carga (alternador-regulador) y una batería que acumula la electricidad. Con el motor parado la batería alimenta todos los circuitos eléctricos del vehículo, desde el arranque hasta el alumbrado. Con el motor en marcha el alternador alimenta los circuitos y la electricidad sobrante se acumula en la batería.



↑ **Figura 1.15.** Circuito de carga.

caso práctico inicial

En el coche de Emilio el circuito eléctrico es de corriente continua a 12 V.



↑ **Figura 1.14.** Gráfica de corriente continua de 1 V.

saber más

Transformación de la corriente alterna en continua

La corriente que genera el alternador es corriente alterna. El puente rectificador de diodos, se encarga de rectificarla a corriente continua para que se pueda almacenar en la batería.

saber más

Las tensiones empleadas en corriente continua son muy bajas, 6 voltios, 12 voltios y 24 voltios.

En la mayoría de automóviles la red eléctrica es de 12 voltios mientras que en camiones y autobuses se emplean 24 V.



3.2. Corriente alterna

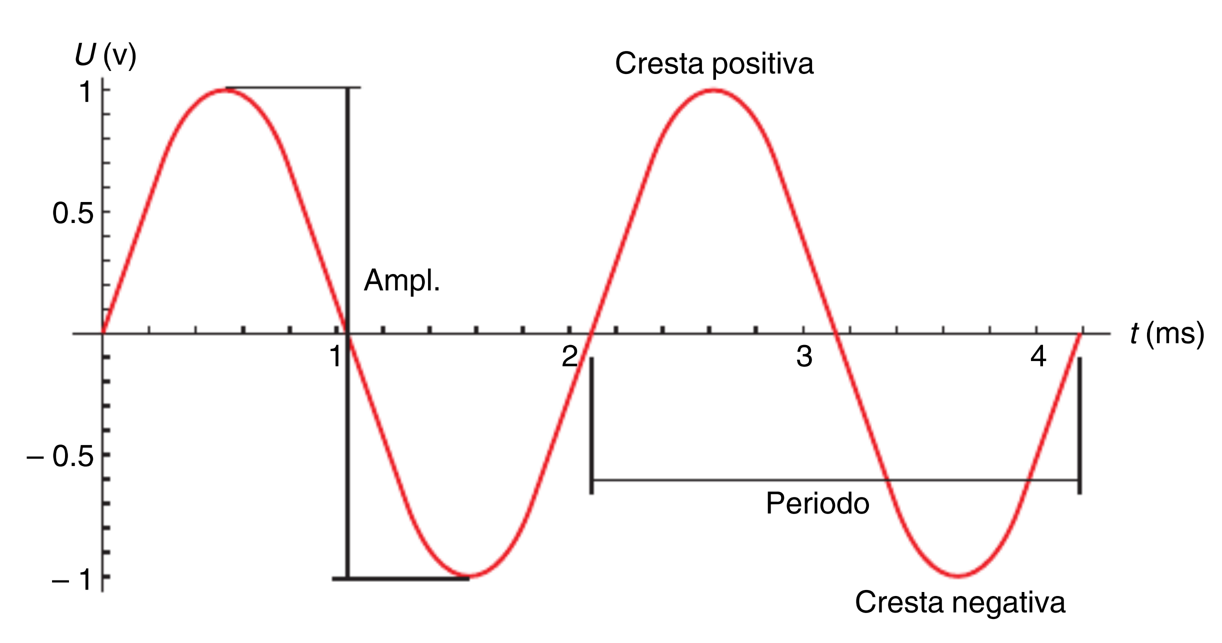
En la corriente alterna (CA o AC), no se puede almacenar en baterías o en pilas. Los electrones, a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo).

Por tanto, la corriente así generada no es un flujo en un sentido constante, como la corriente continua, sino que va cambiando de sentido y por tanto de signo continuamente, con tanta rapidez como la frecuencia de oscilación de los electrones.

En la gráfica de la figura 1.16 (*U*-*t*) la corriente alterna se representa como una curva u onda, que puede ser de diferentes formas (cuadrada, sinusoidal, triangular…) pero siempre caracterizada por su amplitud (tensión de cresta positiva a cresta negativa de onda), frecuencia (número de oscilaciones de la onda en un segundo) y período (tiempo que tarda en dar una oscilación).

caso práctico inicial

La corriente de la casa de Emilio es corriente alterna de 220-240V.



↑ **Figura 1.16.** Gráfica de la corriente alterna. Corriente de 2 V pp (pico a pico) de amplitud y un periodo de 2 ms.

La unidad de frecuencia es el hertzio (Hz). Un hertzio (Hz) equivale a un ciclo en un segundo (1c/s). Hay una relación entre el periodo y la frecuencia, ya que la frecuencia (*f*) es inversa al tiempo que tarda un ciclo, es decir el periodo.

La corriente alterna que se dispone en las viviendas y talleres la suministran las compañías eléctricas. La tensión de las viviendas es de 220-240V monofásica con dos cables, fase y el neutro. En los talleres la tensión más empleada es la de 380-400V trifásica en tres cables y fases. También se emplea la monofásica de 220-240V. En los vehículos también se dispone de algunos generadores y receptores de corriente alterna.



↑ **Figura 1.17.** Señal de un captador de rpm de un cambio automático.

Los componentes que generan corriente alterna son:

- Los captadores inductivos de número de revoluciones del motor, del cambio automático (figura 1.17) de revoluciones de las ruedas en el ABS y la corriente del alternador antes de ser rectificada por el puente de diodos.

Los receptores que funcionan con alterna son:

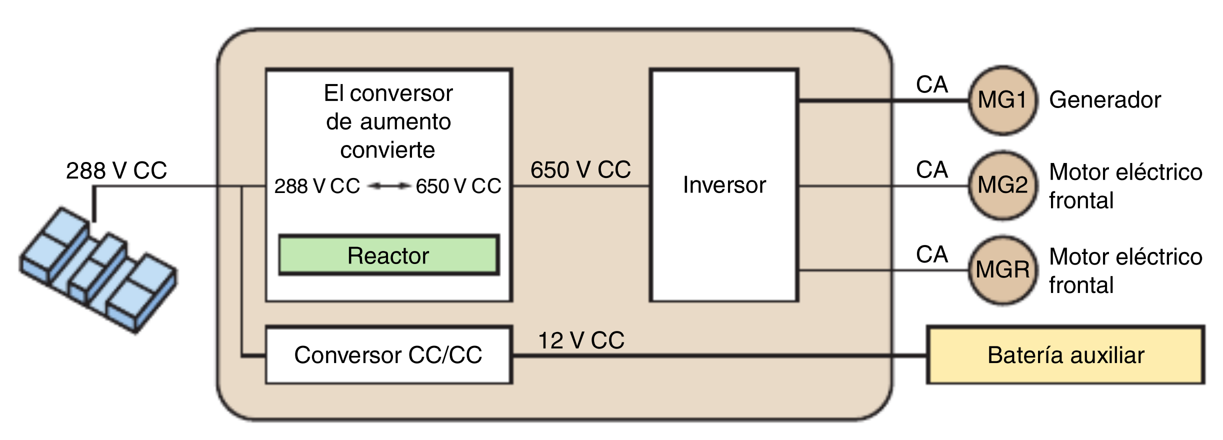
- **Faros de Xenón.** La luz se genera por medio de un arco voltaico de hasta 30.000 voltios, entre dos electrodos de tungsteno situados en una cámara de vidrio, cargada con gas xenón y sales de metales halogenizados. El arco es generado por una reactancia que produce una corriente alterna de 400 Hz.

caso práctico inicial

El transformador que necesita Emilio para poder cargar el ordenador desde su coche es similar al que se emplea en el Lexus para reducir la tensión de 288V a 12V pero al contrario, aumentan los 12V a 19V siempre en continua.

- **Motores eléctricos de los vehículos híbridos**, por ejemplo en el Lexus RX440h, sus dos motores trabajan a 650 V. La unidad electrónica que controla el sistema que consta de un amplificador de tensión, un reductor de tensión y un rectificador de corriente. La tensión de las baterías (288 V continua) es transformada y rectificada hasta 650 V para alimentar a los motores eléctricos que trabajan en alterna.

  También se reduce la tensión de 288 V de las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH) a 12 V para alimentar la batería normal de 12 V, a la que van conectados el resto de dispositivos eléctricos del coche, que funcionan en continua a 12 V (figura 1.18).



↑ **Figura 1.18.** Esquema de la unidad de control de potencia del Lexus.

3.3. Corriente continua pulsada y ondas complejas

La **corriente continua pulsada** no se mantiene constante en el tiempo sino que toma valores de tensión fijos altos y valores de tensión bajos. La señal puede mantener en valores fijos de tensión pero variables en el tiempo siendo la señal resultante una señal cuadrada (figura 1.19) En esta señal se denominan dos valores característicos o niveles:

- **Nivel alto:** es el valor de tensión más alto de la señal por ejemplo 12 V.
- **Nivel bajo:** es el valor de tensión más bajo de la señal por ejemplo 0 V.

La señal cuadrada es utilizada por los módulos electrónicos para comandar actuadores que necesitan un tiempo exacto de apertura, electroválvulas del turbo, EGR, etc.

Las comunicaciones entre módulos a través de la red Can Bus de datos emplean señales de onda cuadrada (figura 1.19).

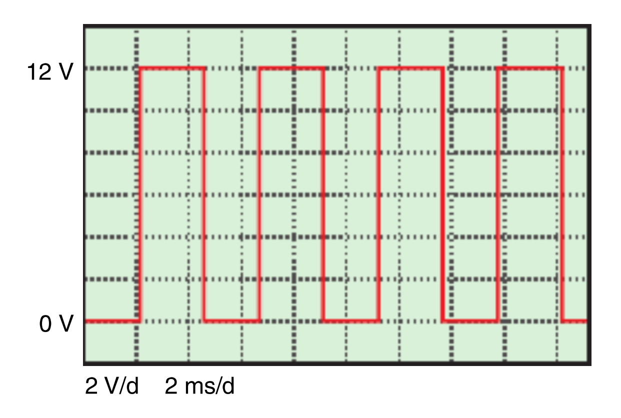
Las **tensiones eléctricas complejas** las encontramos en la alimentación de los inyectores, en el primario y secundario del encendido (figura 1.21). Estas señales se deben a impulsos de corriente instantáneos con altos picos de tensión y con caídas instantáneas.

saber más

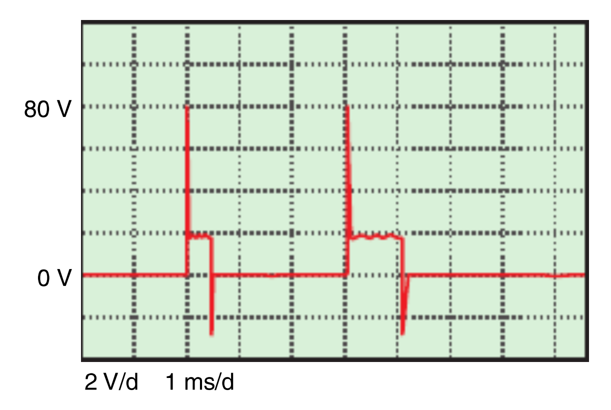
Los captadores de Hall de los motores generan una señal pulsatoria cuadrada.



↑ **Figura 1.19.** Señales de onda cuadrada de la red Can Bus.



↑ **Figura 1.20.** Señal cuadrada.

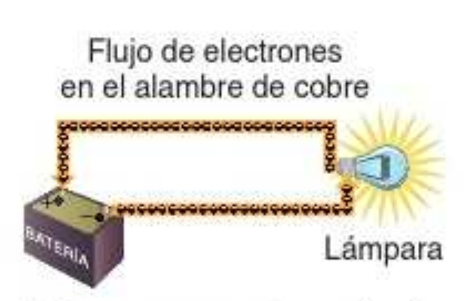


↑ **Figura 1.21.** Señal eléctrica compleja de alimentación de un inyector.



4. Corriente eléctrica

Si tomamos una batería cargada, comprobamos que tenemos una diferencia de potencial entre sus bornes, tensión de 12 a 14 V, al realizar un circuito sencillo con una lámpara y un hilo conductor observamos que la lámpara luce. Esto es debido a que los electrones libres en el conductor son atraídos por el polo positivo (ánodo) de la batería; estos empiezan a moverse a la vez que salen electrones del polo negativo (cátodo), estableciéndose entre polos un flujo continuo de electrones a través del conductor y la lámpara, que lucirá. A este flujo continuo de electrones se le denomina **corriente eléctrica**.



↑ **Figura 1.22.** Corriente eléctrica.

4.1. Efectos de la corriente eléctrica

Los efectos que produce la corriente eléctrica cuando fluye pueden ser de tres tipos:

- **Generación de calor.** Ejemplo: el encendedor del coche, calentadores de los motores Diesel, asientos calefactados, etcétera.
- **Actividad química.** Ejemplo: fenómenos que ocurren en la batería al cargarse y descargarse.
- **Acción magnética.** Ejemplo: campos magnéticos creados en diferentes componentes: relés y electroimanes o máquinas eléctricas como en el alternador, motor de arranque, etcétera.

saber más

Sentido técnico de la corriente

Aunque la **corriente eléctrica** fluye del polo negativo al positivo, se toma como regla que fluye del positivo al negativo, conocido como **sentido técnico** de la corriente.

4.2. Intensidad de la corriente

A la cantidad de corriente que pasa por un conductor en un tiempo determinado se le denomina intensidad de corriente, y es igual al número de electrones libres que pasan a través de una sección transversal de un conductor en un segundo. Se representa por I y se mide en amperios (A) que es la medida del Sistema Internacional (SI).

Un amperio es una corriente eléctrica de 6,28 billones de billones de electrones que atraviesan un conductor en un segundo.

La corriente es la cantidad de carga que atraviesa una lámpara en un segundo.

Corriente = carga en culombios/tiempo

$$I = Q/t$$

Si la carga que circula por la lámpara es de 1 culombio en un segundo la corriente o intensidad es de 1 amperio.



↑ **Figura 1.23.** Intensidad de la corriente.

saber más

Submúltiplos del amperio

Es muy frecuente emplear los submúltiplos del amperio: el miliamperio (mA) equivale a 0,001 A y el microamperio (µA) es igual a 0,000001 A.

EJEMPLO

Calcula los amperios que circulan por un circuito con una lámpara que pasan 14 culombios en un segundo.

Solución:

$I = Q/t$ = 14 culombios /1 s = 14 amperios

4.3. Resistencia eléctrica

Los materiales, atendiendo a su conductividad los podemos clasificar en:

- **Aislantes,** materiales que no dejan pasar la corriente o la dejan pasar muy difícilmente, ejemplo porcelana, madera, etc.
- **Conductores,** materiales por los que puede circular la corriente eléctrica con facilidad, como el cobre, el oro, la plata, el aluminio etc.
- **Semiconductores,** que ocupan una posición especial entre los dos anteriores, tales como el silicio y el germanio.

Dependiendo del tipo de material, los electrones de la corriente eléctrica no pueden avanzar con fluidez, al chocar con los átomos de los que está compuesto el material. Al grado de dificultad con que se mueven los electrones en un material determinado, se le denomina resistencia (R) y se mide en ohmios (Ω).

Un ohmio (Ω) es la resistencia que deja pasar un amperio cuando se aplica una diferencia de potencial de un voltio.

La resistencia es directamente proporcional a un coeficiente (ρ) denominado resistividad, que depende del tipo de material y a la longitud del tramo de material entre los que midamos e inversamente proporcional a la sección del material.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

ρ = resistividad o resistencia específica $\left(\frac{\text{ohmios} \cdot \text{milímetros}^2}{\text{metro}}\right)$

l = longitud del conductor (metros)

s = sección transversal del conductor (milímetros^2)

saber más

Resistividad

La resistencia depende del material, la longitud y la sección del conductor.

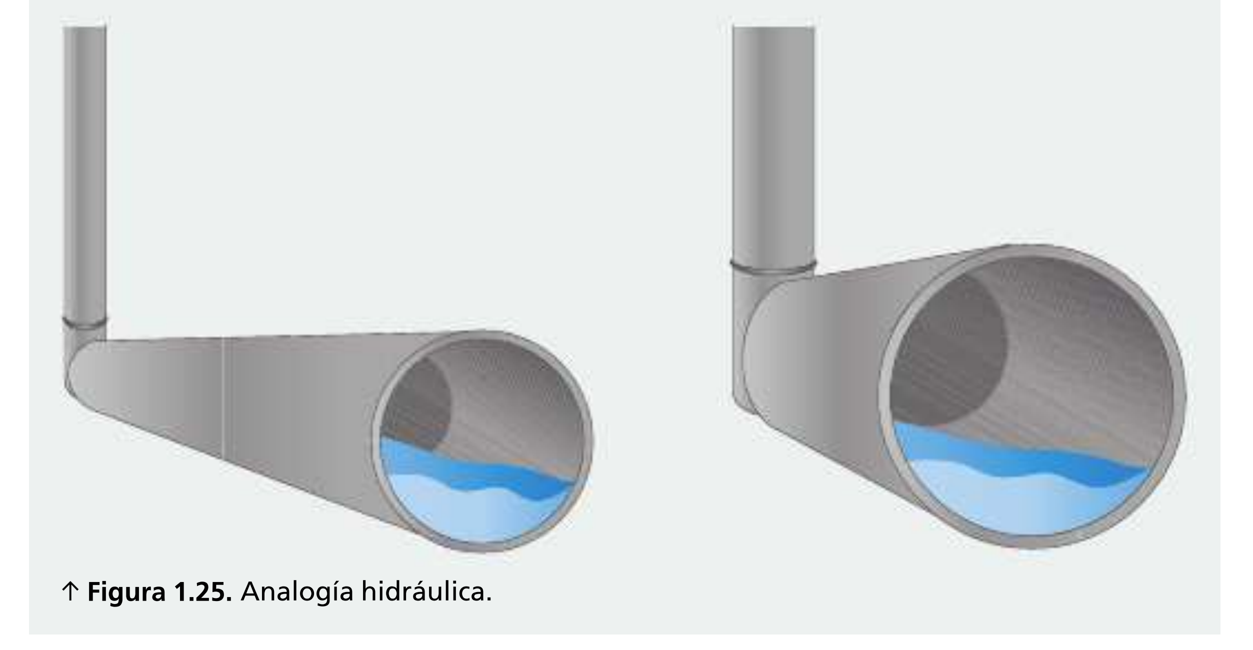


↑ **Figura 1.24.** Resistencia eléctrica.

EJEMPLO

Volviendo a la analogía hidráulica

Podemos entender mejor la resistencia eléctrica si la comparamos con los fenómenos que ocurren en el interior de una cañería que es atravesada por un fluido. El fluido pasará con más facilidad cuanto menos rugoso sea el interior de la cañería (ρ) y mayor sea la sección interior (s); y al contrario, le costará más atravesar la cañería cuanto mayor sea su longitud (l).



↑ **Figura 1.25.** Analogía hidráulica.

5. Ecuaciones fundamentales de la electricidad

5.1. Ley de Ohm

La ley de Ohm demuestra los fenómenos eléctricos encontrados en los vehículos. Conociendo las principales magnitudes eléctricas se pueden analizar las relaciones existentes entre tres fenómenos característicos:

- Aumentando la resistencia de un circuito se reduce la corriente.
- Aumentando la tensión de un circuito aumenta la corriente que circula.
- Aumentando la corriente que circula en un equipo aumenta la caída de tensión.

En los circuitos eléctricos intervienen principalmente tres magnitudes:

- Voltaje o diferencia de potencial.
- Corriente o intensidad.
- Resistencia.

Existe una relación entre estas tres unidades eléctricas (voltio, amperio y ohmio) de tal modo que puede definirse cada una de ellas con la combinación de las otras dos, así por ejemplo puede decirse que:

Un amperio es la corriente que circula por un conductor de un ohmio de resistencia cuando se aplica un voltio de tensión.

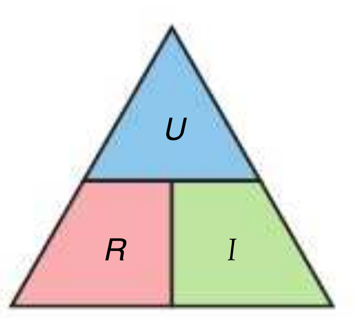
Y esta definición expresada matemáticamente es:

Intensidad = Tensión / Resistencia; Amperios = Voltios / Ohmios

La intensidad que circula por un circuito es igual a la tensión aplicada partido por la resistencia. Despejando de la ecuación principal se puede calcular cualquier magnitud siempre que conozcamos dos términos de la ecuación.

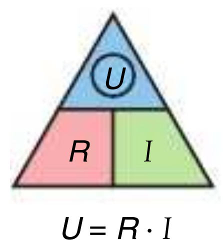
Tensión = Intensidad · Resistencia; Voltios = Amperios · Ohmios

Resistencia = Tensión / Intensidad; Ohmios = Voltios / Amperios

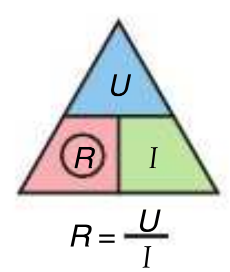


↑ **Figura 1.26.** Triángulo de la ley de Ohm.

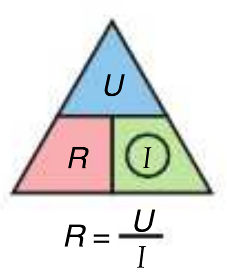
Para conocer cualquiera de las incógnitas se puede emplear el triángulo de la ley de Ohm (figura 1.26), tapando la incógnita que queremos conocer aparece el resultado de la ecuación figura 1.27.



$U = R \cdot I$



$R = \frac{U}{I}$



$R = \frac{U}{I}$

↑ **Figura 1.27.** Forma gráfica de conocer la *U* la *R* y la intensidad.

saber más

Ley de Ohm

El físico alemán Georg Simon Ohm descubrió en el año 1822 la dependencia física entre la corriente, la tensión y la resistencia.

saber más

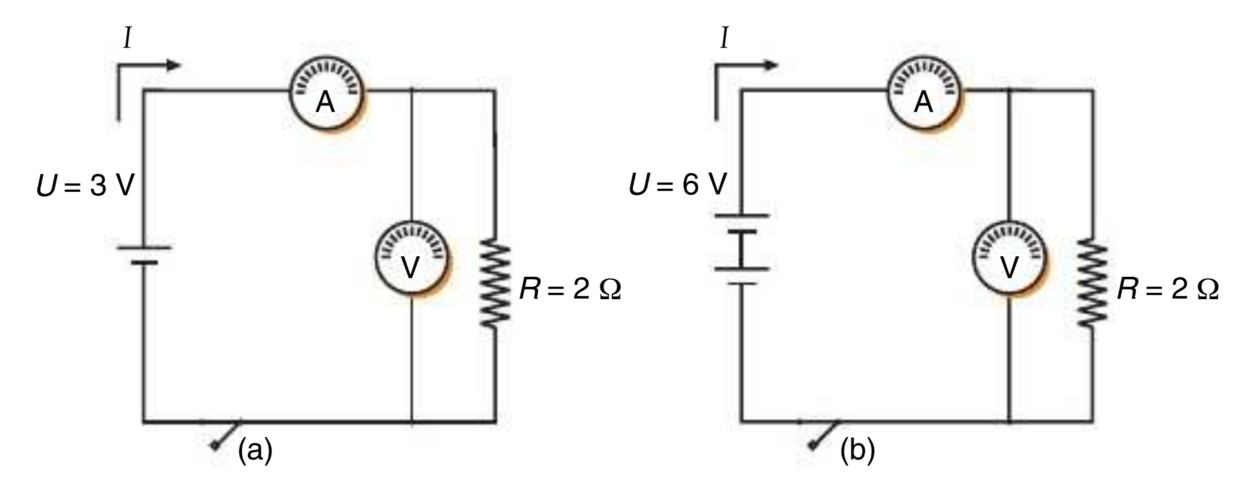
Despejando la ley de Ohm

Despejando de la fórmula de la ley de Ohm se obtienen los siguientes resultados:

$U = R \cdot I$

$R = U/I$

Aplicando la ley de Ohm un circuito básico como el de la figura. 1.28 observamos que la intensidad que por él circula (I) es directamente proporcional a la tensión aplicada (U), e inversamente proporcional a la resistencia del circuito (R).



↑ **Figura 1.28.** Circuito eléctrico de 3V y 6V.

En el caso a) el amperímetro marca 1,5 A. Deducimos que:

$$I = U/R;\ 3\text{V}/2\ \Omega = 1{,}5\ \text{A}$$

En el caso b) el amperímetro marca 3 A. Deducimos que:

$$I = U/R;\ 6\text{V}/2\ \Omega = 3\ \text{A}$$

5.2. Energía y potencia eléctrica

saber más

Múltiplos del vatio

Como múltiplo del vatio se emplea el kilovatio (kW), que equivale a 1.000 vatios, y el caballo vapor (CV), que es igual a 736 vatios.

La **potencia** se define como la energía o trabajo desarrollado en la unidad de tiempo.

La potencia eléctrica de un circuito es el resultado de multiplicar la tensión del circuito por la intensidad que circula por él.

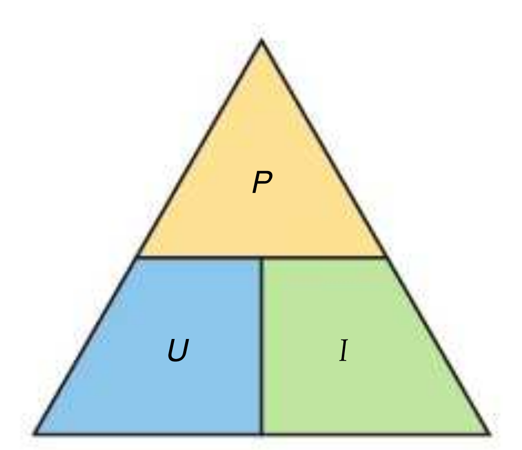
En los circuitos eléctricos la unidad de potencia es el vatio (W) y su definición está relacionada con la tensión aplicada y la intensidad

Un vatio es la potencia que desarrolla un aparato eléctrico al transformar la energía de un julio en cada segundo.

Puede expresarse con una fórmula:

$$\text{Potencia} = \text{Tensión} \cdot \text{Intensidad};\ \ \text{W} = \text{Voltios} \cdot \text{Amperios}$$

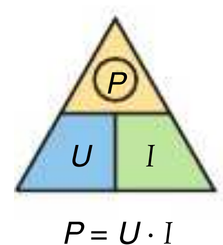
Para realizar los cálculos y despejar las unidades se emplea el triangulo de la potencia, figura 1.29.



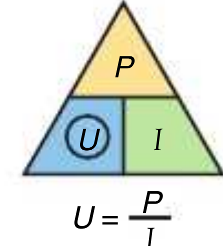
↑ **Figura 1.29.** Triángulo de la potencia.



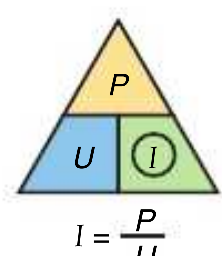
Para calcular cualquier incógnita del triángulo es necesario taparla y tener en cuenta las dos restantes, figura 1.30.



$P = U \cdot I$



$U = \frac{P}{I}$



$I = \frac{P}{U}$

↑ **Figura 1.30.** Aplicación del triángulo de la potencia.

Sabiendo la tensión de batería y conociendo la potencia de las lámparas o motores conectados en un circuito eléctrico, se puede calcular la intensidad que circulará por éste.

Y aplicando la ley de Ohm encontramos las siguientes expresiones de la potencia:

$$P = R \cdot I^2 \quad ; \quad P = \frac{U^2}{R}$$

El trabajo generado por la electricidad viene determinado por:

$$T = U \cdot I \cdot t$$

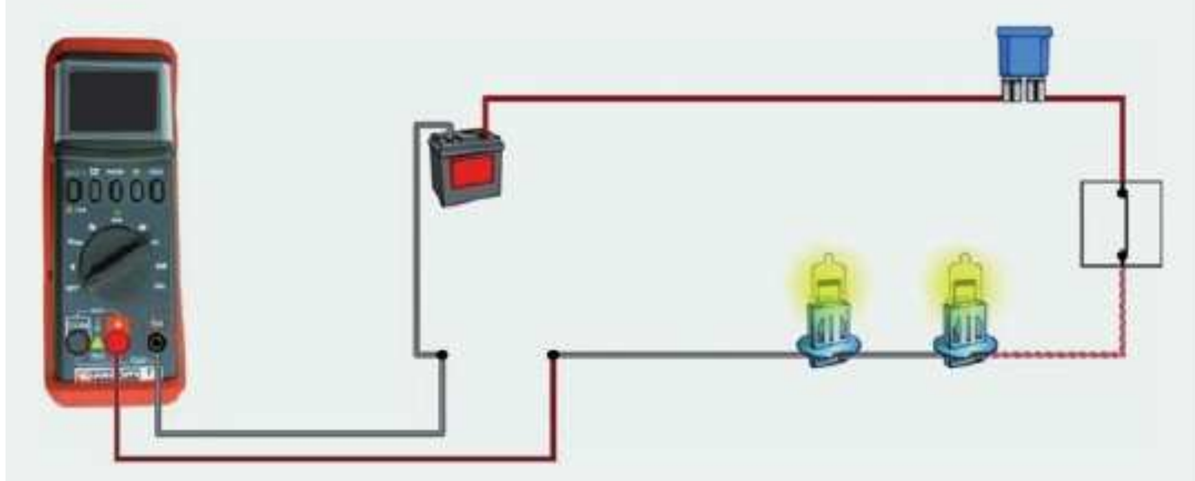
EJEMPLOS

- **Calcular la intensidad que circula en un circuito en serie que tiene dos lámparas 55 W cada una, conocemos que el circuito está alimentado con una batería de 12 V.**

Solución:

Potencia (W) = Intensidad (A) · Tensión (V)

Intensidad (A) = Potencia (W) / Tensión (V)



↑ **Figura 1.31.** Medición de la intensidad en un circuito serie.

$$I = 110 \text{ W}/12 \text{ V} = 9{,}1 \text{ A}$$

- **Calcular la intensidad que circula en un circuito en serie que tiene dos lámparas 55 W cada una, conocemos que el circuito está alimentado con una batería de 24V.**

Solución:

Potencia (W) = Intensidad (A) · Tensión (V)

Intensidad (A) = Potencia (W) / Tensión (V)

$$I = 110 \text{ W}/24 \text{ V} = 4{,}58 \text{ A}$$

5.3. Generación de calor por la acción de la corriente eléctrica

La corriente eléctrica al circular por una resistencia (puede ser un cable eléctrico) genera una energía calorífica, que es de la misma magnitud que el trabajo aportado por la corriente eléctrica pero medida en unidades de calor (calorías); por tanto, tendremos:

1 julio = 0,24 calorías

1.000 calorías = 1 kilocaloría

$$Q = 0{,}24 \cdot T = 0{,}24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t \text{ (en calorías)}$$

Esta expresión matemática es conocida con el nombre de **ley de Joule**, que nos dice: la cantidad de calor que desprende un conductor es directamente proporcional a su resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente que lo atraviesa y el tiempo.

Para aplicar correctamente esta fórmula, la resistencia debe estar en ohmios; la intensidad, en amperios; y el tiempo, en segundos.

CUADRO DE MAGNITUDES Y UNIDADES EN EL SISTEMA INTERNACIONAL				
Magnitud	**Símbolo**	**Fórmula**	**Unidades**	**Símbolo**
Cantidad de electricidad	Q	$6{,}25 \cdot 10^{18}$ electrones	Culombio	C
Fuerza de atracción entre cargas	F	$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$	Newton	N
Potencial eléctrico	U	$U = \frac{T}{q}$	Voltios	V
Intensidad de campo eléctrico	E	$E = \frac{F}{q}$	Newton/ Culombio	N/C
Intensidad de corriente	I	$I = \frac{Q}{t}$	Amperio	A
Resistencia eléctrica	R	$R = p \frac{l}{s}$	Ohmio	Ω
Energía eléctrica	T	$T = U \cdot I \cdot t$	Julio	J
Potencia eléctrica	P	$P = U \cdot I$	Vatio	W
Generación de calor	Q	$Q = 0{,}24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$	Caloría	cal

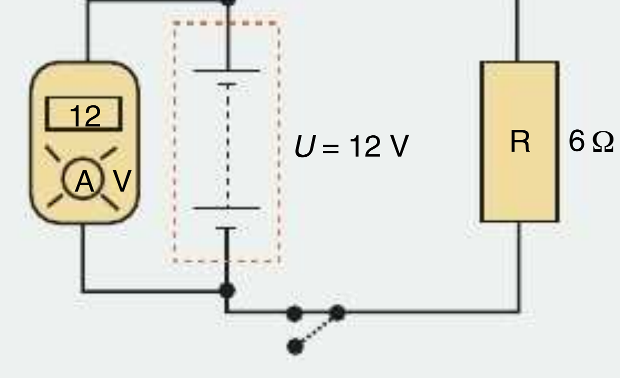
↑ **Tabla 1.1.** Cuadro de magnitudes y unidades en el sistema internacional.



EJEMPLOS

■ Determina la intensidad de la corriente en el esquema de la figura.

Nota: la resistencia interna del cable y batería se considera despreciable.



↑ **Figura 1.32.**

Solución:

Aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12\ \text{V}}{6\ \Omega} = 2\ \text{A}$$

■ En la actividad anterior, determina la potencia y calorías desprendidas por la resistencia en un cuarto de hora.

Solución:

La potencia vendría determinada por:

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 2 = 24\ \text{W o } P = R \cdot I^2 = 6 \cdot 2^2 = 24\ \text{W}$$

y las calorías:

$$Q = 0{,}24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t = 0{,}24 \cdot 6 \cdot 22 \cdot 900 = 5.184\ \text{calorías} = 5{,}184\ \text{kcal}$$

■ Un automóvil utiliza una batería de 12 V (resistencia interna despreciable), que alimenta una luneta térmica de 144 W. Siendo la longitud del cable de 2,5 m:

a) Dibuja el esquema del montaje.

b) ¿Cuál es la intensidad que circula por el cable?

c) ¿Cuál es la sección del conductor, si es de cobre $\left(\rho = 0{,}018\ \frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}}\right)$ para una caída de tensión en el cable de 0,24 V como máximo?

Solución:

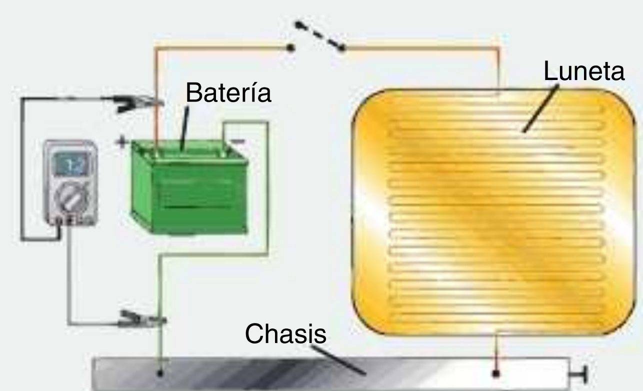
a) Figura 1.33.

b) Dado que la potencia es $P = U \cdot I$, tenemos: $I = \frac{P}{U} = \frac{144\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 12\ \text{A}$

c) La caída de tensión en el cable es:

$$U_{AB} = 0{,}24\ \text{V} = I \cdot R_{cable} \text{ con lo que: } R_{cable} = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{0{,}24\ \text{V}}{12\ \text{A}} = 0{,}02\ \Omega \text{ y como:}$$

$$R = \frac{l}{S} \cdot \rho\text{, despejando: } S = \frac{l}{R} \cdot \rho = \frac{2{,}5\ \text{m}}{0{,}02\ \Omega} \cdot 0{,}018\ \frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}} = 2{,}25\ \text{mm}^2$$

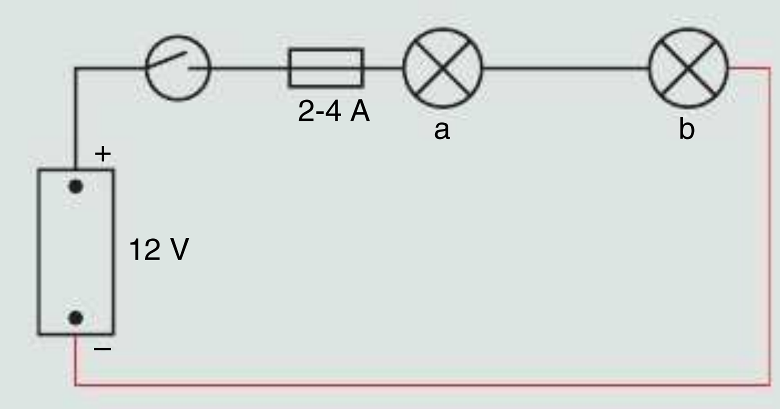


↑ **Figura 1.33.**

ACTIVIDADES FINALES

1. ¿Por qué el átomo es un cuerpo eléctricamente neutro?
2. ¿Qué son los electrones de valencia?
3. Realiza un esquema con los tipos de electricidad que conozcas y dibuja sus gráficas.
4. Enuncia la ley de Ohm.
5. Alimentamos una resistencia de 8 ohmios, con una batería de 24 V, a través de un conductor (resistencia despreciable).
   a) ¿Qué intensidad circula por el circuito?
   b) Si circula una intensidad de 6 amperios, ¿qué tensión tiene la batería?
   c) Dibuja el esquema del circuito, indicando el sentido técnico y real de la corriente.
6. Enuncia la ley de Coulomb.
7. Representa el modelo atómico de Bohr, correspondiente a diferentes átomos de elementos conductores.
8. Realiza en el laboratorio los ensayos indicados en el apartado de la electricidad estática, figura 1.4. y el indicado en la figura 1.7.
9. Realiza en el laboratorio el circuito de la figura 1.28, intercalando un voltímetro y un amperímetro. Comprueba los resultados.
10. Realiza en el laboratorio el montaje de la figura, siendo:
    A: Batería de 12 V o fuente de alimentación 12 V/DC.
    B1: Cable negro flexible, S = 1,5 mm^2.
    B2: Cable rojo flexible, S = 1,5 mm^2.
    C: Portafusible con fusible 2 A / 4 A.
    D: Portalámparas con dos lámparas, a y b, de diferentes watios, tipo automóvil o similar.
    E: Interruptor.

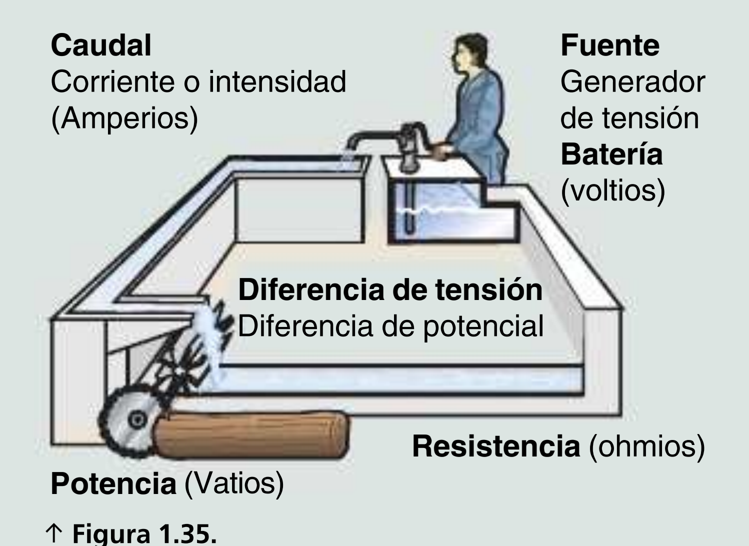
    Una vez realizado el conexionado, copia el cuadro en tu cuaderno y procede a rellenar el cuadro adjunto. Calculando la potencia en cada caso, usando la medida de los siguientes datos:
    - Tensión, medida entre los bornes del portalámparas.
    - Intensidad, intercalando un amperímetro en el circuito entre la lámpara y el portafusibles.



↑ **Figura 1.34.**

Bombilla	*U*	*I*	*W*
a			
b			

11. Partiendo de la actividad anterior, mide la resistencia interior de cada una de las bombillas utilizadas y determina en cada caso las calorías desprendidas en un cuarto de hora por estas.
12. Explica la analogía hidráulica del circuito de la figura 1.35. con un circuito eléctrico de corriente continua.



↑ **Figura 1.35.**



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. ¿Cuál es la ley fundamental de la electricidad estática?

a) Ley de Ohm.
b) Ley de Coulomb.
c) Efecto Joule.
d) No hay ninguna ley para la electricidad estática.

2. ¿Cuál es la ley fundamental de la electricidad dinámica?

a) Ley de Ohm.
b) Ley de Coulomb.
c) Efecto Joule.
d) No hay ninguna ley para la electricidad dinámica.

3. El julio es la unidad de…

a) Resistencia eléctrica.
b) Potencia eléctrica.
c) Intensidad de corriente.
d) Energía eléctrica.

4. ¿Cuál es la unidad de fuerza?

a) Newton.
b) Amperio.
c) Vatio.
d) Culombio.

5. ¿En qué unidades se mide la resistividad de un material?

a) Ohmios.
b) Ohmios x m/mm^2
c) Ohmios x mm^2/m.
d) Ohmios x mm^2

6. Si aumentamos la longitud de un cable, la resistencia…

a) Disminuye.
b) Aumenta.
c) No se modifica.
d) Disminuye o aumenta según de qué material se trate.

7. Atendiendo a su conductibilidad, el silicio lo podemos clasificar como un material…

a) Aislante.
b) Semiconductor.
c) Conductor.
d) Ninguno de los tres anteriores.

8. Se denomina fuerza electrostática…

a) Al trabajo que hay que realizar para desplazar una carga eléctrica.
b) A la fuerza que actúa sobre los electrones para mantenerlos en sus órbitas.
c) A la trayectoria que siguen las líneas de fuerza.
d) A la fuerza que actúa entre cargas eléctricas.

9. ¿Qué nos dice el efecto Joule?

a) Que la resistencia de un conductor es directamente proporcional a la resistividad y a su longitud e inversamente proporcional a la sección.
b) Que la cantidad de calor que desprende un conductor es directamente proporcional a su resistencia e inversamente proporcional al cuadrado de la intensidad.
c) Que la cantidad de calor que desprende un conductor es inversamente proporcional a su resistencia y directamente proporcional al cuadrado de la corriente que lo atraviesa y al tiempo.
d) Que la cantidad de calor que desprende un conductor es directamente proporcional a su resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente que lo atraviesa y al tiempo.

10. ¿Cuál es la unidad de intensidad de corriente?

a) Voltio.
b) Amperio.
c) Julio.
d) Ohmio.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Voltímetro, amperímetro y polímetro digital

MATERIAL

- Vehículo o maqueta con batería

Realización de medidas de tensión, intensidad y resistencia

OBJETIVOS

- Aprender a manejar los útiles de medida.
- Aprender a realizar medidas de tensión, intensidad y resistencia.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Colocar el voltímetro y amperímetro en las escalas adecuadas.
- No golpear los equipos de medida.

DESARROLLO

1. El útil de medida más empleado para realizar medidas en los circuitos eléctricos de vehículos es el **polímetro digital** (figura 1.36).

   El polímetro dispone, en un solo aparato, de voltímetro para medir la tensión en voltios, amperímetro para pequeñas intensidades (máx. 10 A) y también dispone de medidor de resistencias, óhmetro.

   El voltímetro-amperímetro analógico (figura 1.37) se emplea para medir la tensión en distintas escalas y para grandes consumos de intensidad que el polímetro digital no lo permite.



↑ **Figura 1.36.** Polímetro digital.



↑ **Figura 1.37.** Voltímetro-amperímetro analógico.

2. Para medir la diferencia de potencial (tensión) de una batería es necesario conectar en paralelo el voltímetro. La escala de medidas del voltímetro se selecciona en una escala superior y en corriente continua (figura 1.38). La conexión en paralelo se realiza conectando la pinza roja del voltímetro con el borne positivo y la pinza negra con el borne negativo (figura 1.39), no es necesario desconectar la batería.



↑ **Figura 1.38.** Polímetro en la escala adecuada.



↑ **Figura 1.39.** Medida de la tensión.



La tensión de la batería aparece en los dígitos de del polímetro, ejemplo 12.24V (figura 1.39). Si se conectan mal los cables negativo del polímetro al borne positivo y positivo del polímetro al borne negativo la tensión aparece indicada con un menos delante de los dígitos -12,24 V.

3. Para medir la intensidad de todos los circuitos del vehículo, es necesario desconectar el borne negativo de la batería (figura 1.40) y conectar en serie el amperímetro.

   Medir la intensidad que circula con el amperímetro, conexionándolo en serie con el circuito (figura 1.41).



↑ **Figura 1.40.** Desconectando el borne.



↑ **Figura 1.41.** Conexionado del amperímetro.

La intensidad en amperios de todos los circuitos del vehículo circula por el amperímetro. Si todos los circuitos se encuentran apagados, el amperímetro marcará cero amperios. Al conectar un circuito, por ejemplo las luces de posición, de carretera o luna térmica trasera, el amperímetro marcará la intensidad en amperios que circulan por el circuito (figura 1.41).

Si el motor está arrancado el amperímetro indicará la intensidad que circula en sentido contrario, es decir, desde el alternador a la batería y la aguja del amperímetro se inclinará en sentido contrario al de la descarga (figura 1.41).

4. La medida de resistencia en Ω de un componente eléctrico se mide colocando el polímetro en la escala de ohmios (figura 1.42) y seleccionando la escala superior al valor que medimos.

   La resistencia del componente se mide desconectando el componente de la conexión que disponga y midiendo con los dos cables (figura 1.43).



↑ **Figura 1.42.** Polímetro en escala de ohmios.



↑ **Figura 1.43.** Medida de la resistencia de un inyector HDI.



MUNDO TÉCNICO

El primer coche eléctrico comercializado en España: el REVA

Dada la concienciación medioambiental sobre la contaminación que causan los automóviles, acaba de lanzarse **el primer coche eléctrico de la historia de España.**

Si bien ya han existido iniciativas en este sentido en otros países europeos, como Francia, con los coches eléctricos de Peugeot en el proyecto de La Rochelle, y el resto del mundo por ejemplo, en Japón con el Nissan Hypermini, esta es la primera vez que se apuesta por la electricidad en un coche para el mercado español.

El modelo, llamado REVA, no genera emisiones de CO_2, al no disponer de motor de combustión y se mueve con baterías recargables que se pueden conectar a cualquier enchufe de la red eléctrica.

El nuevo vehículo está catalogado como «cuadriciclo pesado», ya que su velocidad máxima supera los 45 km/h (velocidad máxima permitida para los «cuadriciclos ligeros»), siendo inferior a 75 km/h; cuenta con 4 plazas, con una potencia de 20 CV, y no excede los 400 kg, según indica la *Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial*, requiriendo para su conducción el permiso A1 o B. Cuenta con un pequeño habitáculo para acoger con comodidad a dos adultos y a dos niños en sus escasos 2,62 metros de longitud y 1,5 metros de altura.

A diferencia de otros que circulan por el mercado, REVA ofrece, de modo opcional, airbags, ABS, aire acondicionado, asientos climatizados, radioCD, cierre centralizado y asientos de piel.

Este vehículo cuenta con un motor eléctrico de 15 kW (unos 20,4 CV), que le permiten alcanzar una velocidad máxima de 70 km/h y su tiempo de aceleración de 0 a 40 km/h es de siete segundos. Su uso y mantenimiento es muy sencillo y el coste por kilómetro, ínfimo, cargar la batería al 100% cubre los desplazamientos de un día por tan solo 1 euro de electricidad.

Opcionalmente, también dispone de baterías Li-Ion para mejorar el rendimiento del vehículo, ya que se pueden recargar sin estar completamente descargada la batería, con menor tiempo de carga y sin sufrir apenas problemas en su vida útil.

Uno de los factores principales que se han tenido en cuenta en el diseño del REVA es que absorba mucha de la energía producida en caso de impacto frontal, sin trasmitirlo a los ocupantes del vehículo. Los absorbedores de impacto que incorpora pueden aguantar un golpe a 10 km/h sin apenas deformarse.

REVA utiliza materiales plásticos ABS para su carrocería exterior, que aguantan perfectamente pequeños impactos sin sufrir deformaciones ni grietas.

Monografías Cesvimap



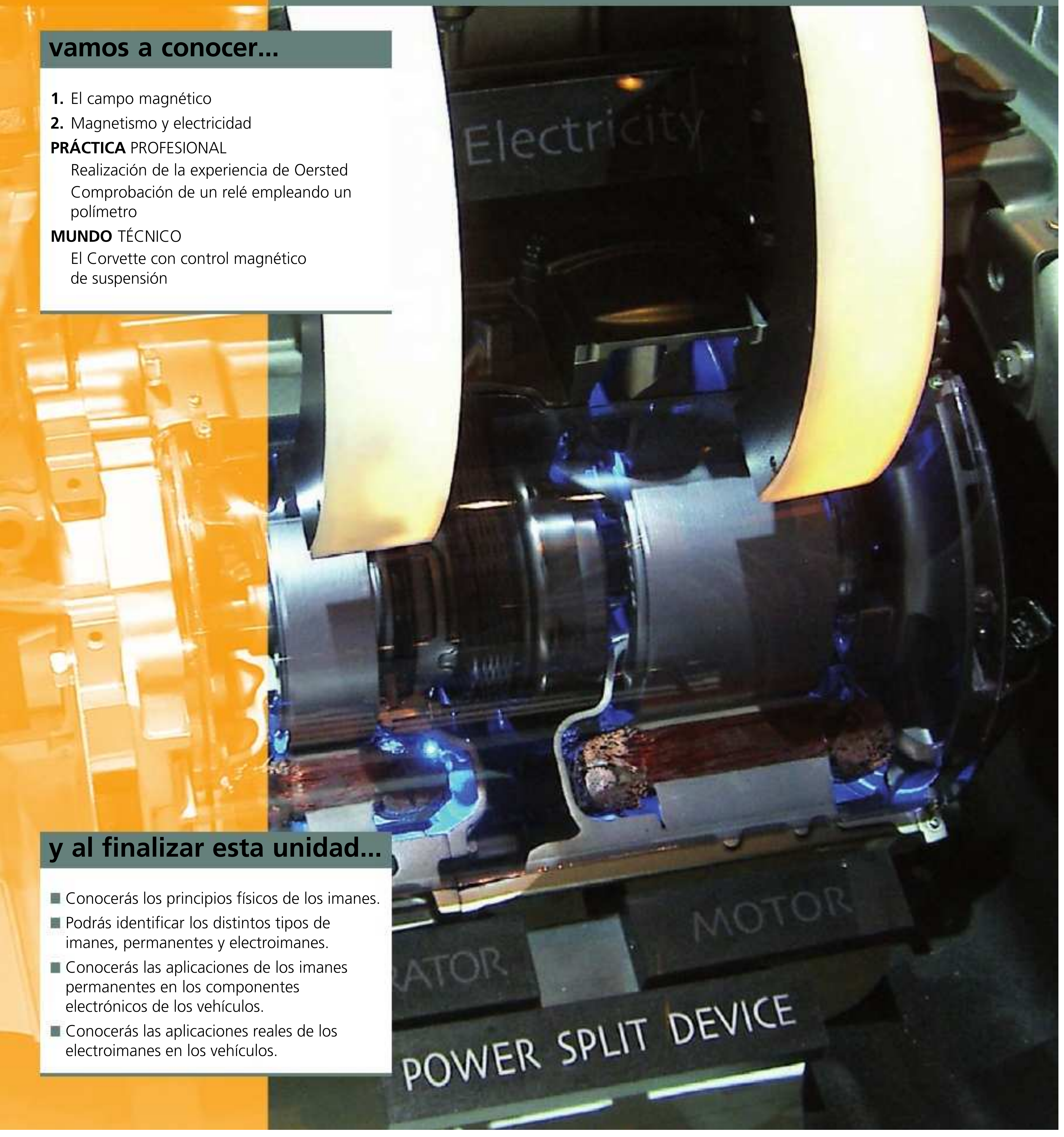


EN **RESUMEN**

entra en internet

- 1. Investiga en Internet modelos físicos que se comporten de manera similar a la electricidad.

2 Conceptos y leyes del electromagnetismo



vamos a conocer...

1. El campo magnético
2. Magnetismo y electricidad

PRÁCTICA PROFESIONAL
Realización de la experiencia de Oersted
Comprobación de un relé empleando un polímetro

MUNDO TÉCNICO
El Corvette con control magnético de suspensión

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los principios físicos de los imanes.
- Podrás identificar los distintos tipos de imanes, permanentes y electroimanes.
- Conocerás las aplicaciones de los imanes permanentes en los componentes electrónicos de los vehículos.
- Conocerás las aplicaciones reales de los electroimanes en los vehículos.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

William Sturgeon construyó el primer electroimán en el año 1825 utilizando una herradura de caballo en vez de un tornillo. Desde esa fecha los electroimanes se han ido mejorando. Actualmente se han conseguido electroimanes muy sofisticados que se emplean en multitud de componentes y circuitos, desde los altavoces de un equipo de sonido hasta los frenos eléctricos de un camión, pasando por cientos de componentes como relés, actuadores, motores y generadores que emplean sus principios de funcionamiento.

Un técnico en electromecánica no podría localizar la mayoría de averías que se le presentan en su taller sin unos buenos conocimientos sobre el magnetismo y la electricidad.

El jefe de taller del concesionario Gaudi Motor recibe un Seat Alhambra con motor Diesel que no se pone en marcha.

El Seat Alhambra monta un motor del grupo VW el modelo AFN con 110 CV, cuatro cilindros y un sistema de inyección directa con bomba rotativa Bosch tipo VE con gestión electrónica.

Para localizar la avería sigue el siguiente proceso:

- Comprueba que el motor gira, descartando que sea un fallo en el motor de arranque o falta de carga en la batería.
- Comprueba que la bomba recibe gasóleo de alimentación del depósito.
- Comprueba la alimentación eléctrica del módulo de gestión del motor a través del relé 109, en estos motores el relé falla dejando sin tensión el módulo. En este caso el relé funciona bien.
- Comprueba que los inyectores inyectan combustible aflojando con mucho cuidado la entrada de gasóleo al inyector. En este caso ningún inyector recibe combustible a presión.

En la mayoría de motores Diesel con bomba rotativa, el sistema de paro se realiza con una electroválvula que corta la entrada del gasóleo al distribuidor rotativo y el motor se para.

- Comprueba que la electroválvula recibe tensión con el contacto puesto y deja de recibir al quitar el contacto.
- Desmonta la electroválvula y comprueba que el bobinado del solenoide se encuentra cortado.
- Sustituye la electroválvula de corte por una nueva y el motor se pone en marcha.



↑ Electroválvula de paro de un motor Diesel con bomba inyectora rotativa.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, trata de contestar las siguientes preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar a todas las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué dos componentes del vehículo emplean el electromagnetismo en sus principios de funcionamiento?
2. ¿Qué tipo de corriente recibe la electroválvula de paro de la bomba inyectora?
3. El motor AFN dispone de un captador inductivo para indicar al módulo las revoluciones y la posición exacta del pistón, ¿crees que este captador emplea los principios del magnetismo en su funcionamiento?
4. ¿Se pueden localizar las averías de un motor moderno sin conocimientos sobre magnetismo?



1. El campo magnético

1.1. Magnetismo

El magnetismo es la propiedad de los imanes y las corrientes eléctricas de ejercer acciones a distancia, tales como atracciones y repulsiones mutuas.

La manifestación más conocida del magnetismo es la fuerza de atracción o repulsión que actúa entre los materiales magnéticos como el hierro y el acero.

Las fuerzas magnéticas se generan por el movimiento de partículas cargadas, como los electrones. Las corrientes eléctricas y el magnetismo están vinculados entre sí de tal manera que la teoría electromagnética estudia el comportamiento de la electricidad y el magnetismo.

En la naturaleza algunos minerales, por ejemplo la magnetita, tienen la propiedad de atraer a las limaduras de hierro y en general a otros cuerpos con alto contenido en hierro, como por ejemplo el acero. A los cuerpos que tienen esta característica los llamamos imanes.

Si acercamos una barra de hierro dulce a un imán, el hierro adquiere la propiedad magnética del imán, pero al separarla pierde fácilmente el magnetismo.

Por el contrario, el acero (hierro con contenido de carbono), se imanta con mayor facilidad que el hierro. Al romper un imán en varios fragmentos, cada uno de estos conserva la propiedad magnética original.

saber más

El hierro dulce es hierro casi puro. El acero es una aleación de hierro y carbono, dependiendo del porcentaje de carbono entre 0,25 a 3% y del tratamiento térmico se obtienen distintos tipos de aceros.

1.2. Polos magnéticos

Si colocamos un imán sobre un lecho de limaduras de hierro, al mover el imán vemos que las limaduras se acumulan en los extremos del imán adhiriéndose a él, dejando prácticamente libre la zona central. Las zonas en las cuales se acumulan las limaduras de hierro se denominan polos magnéticos.

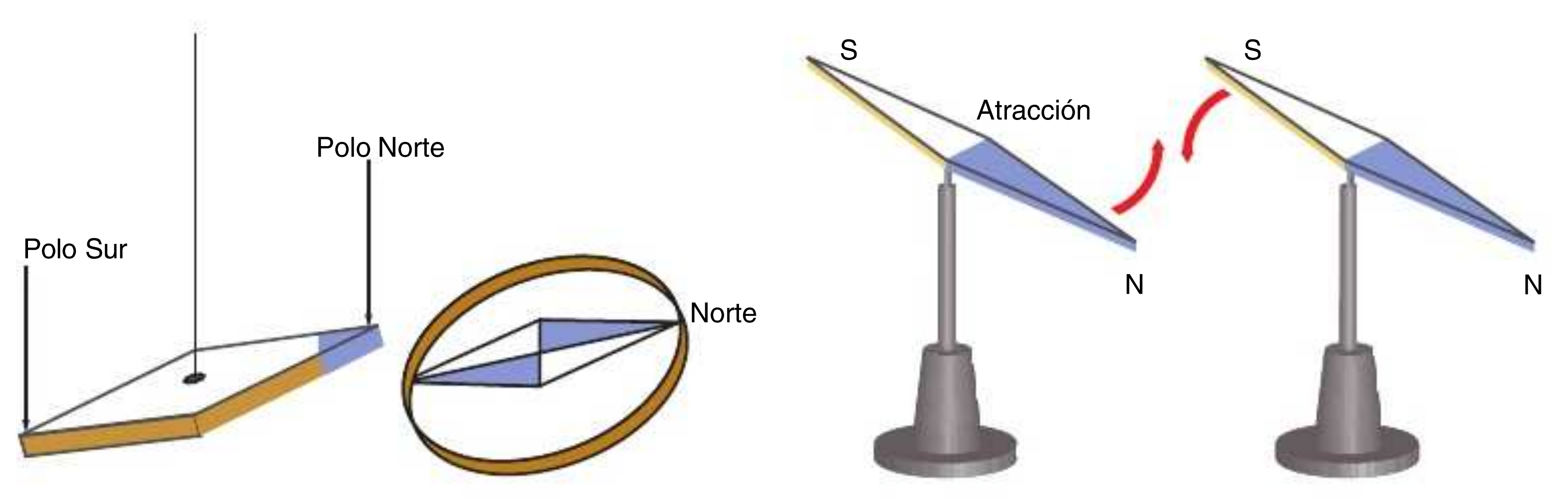
Al colocar una aguja imantada suspendida por un hilo (figura 2.1), esta se orienta según los polos de la tierra. Al polo que se dirige hacia el polo Norte geográfico se le denomina polo norte y al que lo hace hacia el Sur geográfico, polo sur.

Al acercar dos agujas imantadas (figura 2.2), una hacia la otra, observamos que los polos del mismo nombre (ejemplo S) se repelen mientras que los de distinto signo (N-S o S-N) se atraen. Este fenómeno es debido a la existencia de unas fuerzas denominadas fuerzas magnéticas.

saber más

Orientación de los imanes

Los imanes libres se orientan según los polos de la tierra.



↑ **Figura 2.1.** Orientación de los imanes.

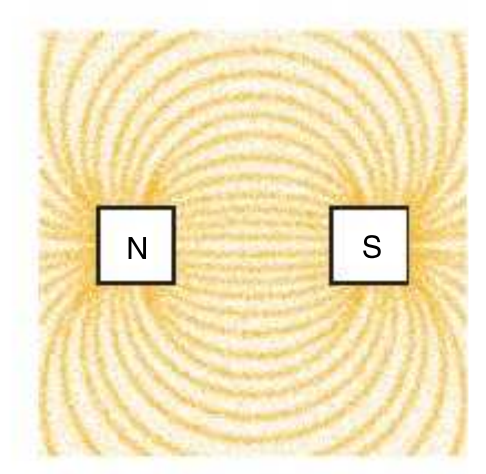
↑ **Figura 2.2.** Fuerzas magnéticas.

1.3. Líneas de fuerza magnética

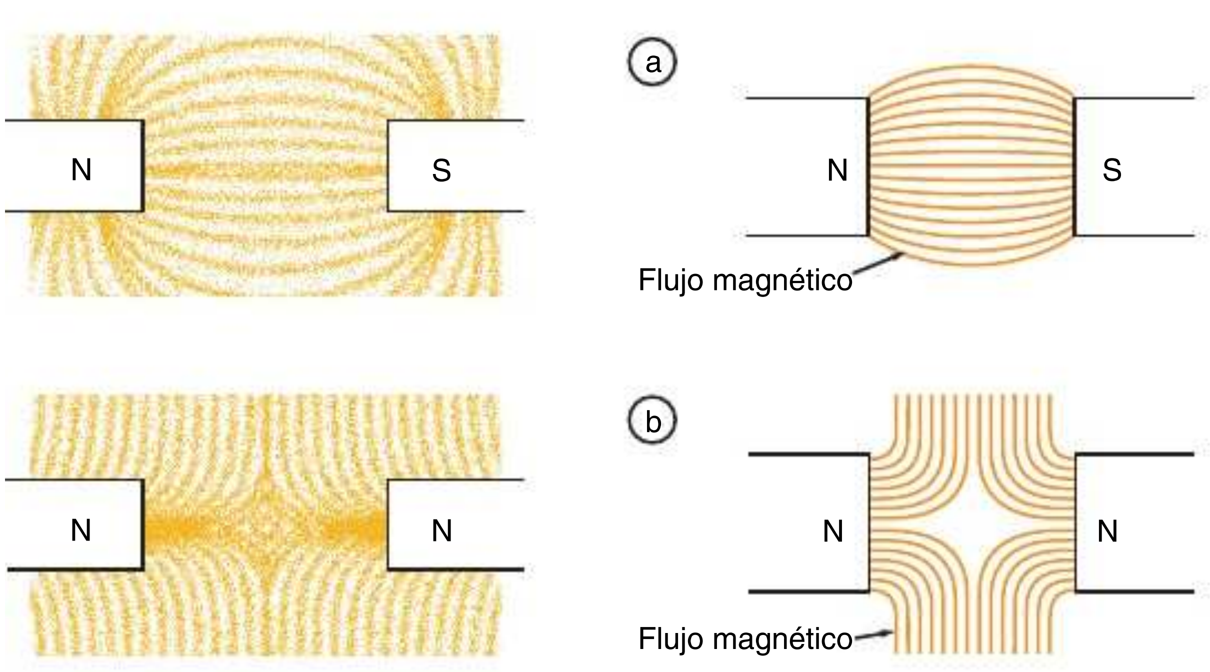
Si extendemos unas limaduras de hierro sobre una cartulina delgada, y bajo esta colocamos un imán (figura 2.3), las limaduras se distribuyen formando unas líneas curvas alrededor de la barra imán que parten del polo N (norte) y van al polo S (sur) por el exterior del imán, a estas líneas se las denomina líneas de fuerza magnética. Al número de líneas de fuerza que atraviesa una superficie lo designamos como flujo magnético. A las figuras que forman las limaduras de hierro se las denominan espectros magnéticos.

Cuando mayor sea el flujo magnético, más intenso será el campo magnético.

La dirección seguida por las líneas de fuerza nos señala la dirección del campo magnético. Si enfrentamos polos con la misma polaridad (S-S o N-N) el flujo es repulsivo, al contrario si enfrentamos polos de distinta polaridad (S-N o N-S), el flujo los atraerá.



↑ **Figura 2.3.** Espectros magnéticos.

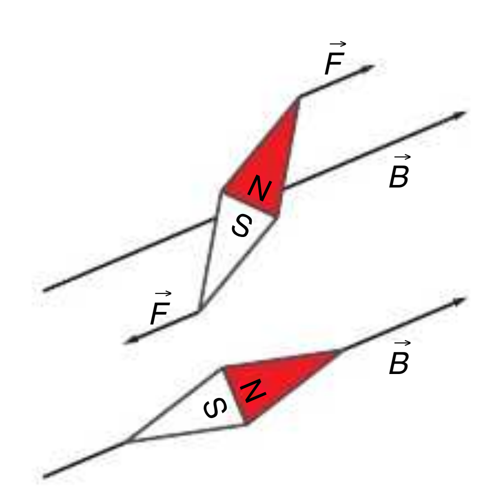


↑ **Figura 2.4.** a) Flujo de atracción. b) Flujo repulsivo.

saber más

Campo magnético de un imán

Es el espacio dentro del cual un imán deja sentir su acción.



↑ **Figura 2.5.** La brújula indica el sentido del campo magnético en un punto.

1.4. Inducción magnética o campo magnético (*B*)

Si se sitúa una carga eléctrica en movimiento en el interior de un campo magnético, experimentará una fuerza debido a la acción del campo *B* que dependerá del módulo, dirección y sentido de la velocidad de la carga respecto al campo magnético. A su vez, una carga en movimiento produce a su alrededor un campo magnético.

La unidad de la inducción magnética en el Sistema Internacional es el tesla. Se define el tesla como el valor de la inducción magnética cuando sobre una carga de 1 culombio que se desplaza perpendicularmente al campo magnético actúa una fuerza de 1 newton.

saber más

Intensidad de campo *H*

Nos indica la intensidad del campo magnético en función del medio y su unidad es amperio/metro. Está relacionado con la inducción magnética por la expresión:

$$B = \mu \cdot H$$

Donde μ es la permeabilidad magnética del material.

1.5. Flujo magnético

Si tomamos una superficie concreta perpendicular a un campo magnético, definimos por flujo, y se representa por ϕ, al producto escalar del vector inducción por la superficie:

$$\phi = B \cdot S$$

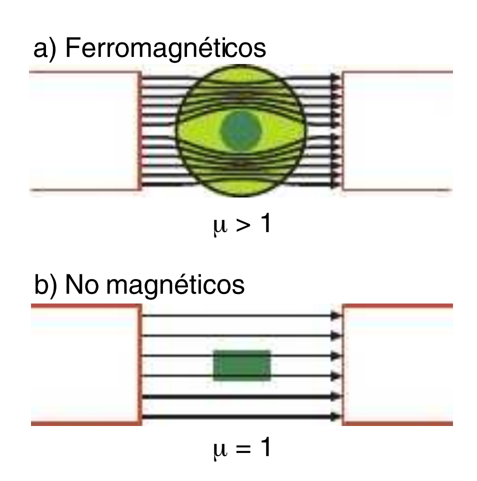
$$1 \text{ Tesla} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ Weber}$$

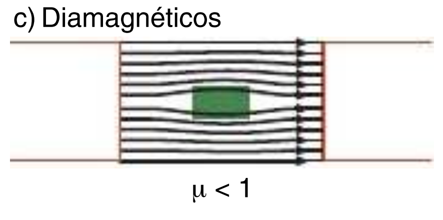


1.6. Permeabilidad magnética

No todos los cuerpos se comportan del mismo modo en el seno de un campo magnético, respecto a la facilidad o no de concentrar líneas de fuerza. Por tanto, cada cuerpo tendrá un coeficiente que define esta cualidad; este coeficiente se denomina coeficiente de permeabilidad, φ. Según el coeficiente, tendremos tres grupos:

- **Ferromagnéticos:** materiales que son capaces de concentrar líneas de fuerza ($\mu > 1$). Por ejemplo: hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), etc.
- **No magnéticos o paramagnéticos:** materiales que no concentran líneas de fuerza ($\mu = 1$). Por ejemplo: aluminio (Al), titanio (Ti), etc.
- **Diamagnéticos:** materiales que dispersan líneas de fuerza ($\mu < 1$). Por ejemplo: cobre (Cu), cadmio (Cd), mercurio (Hg) etc.





↑ **Figura 2.6.** Diferentes casos de permeabilidad.

1.7. Aplicaciones de los imanes en los componentes eléctricos-electrónicos

El componente más importante que dispone de imanes en su interior es el captador inductivo (figura 2.7).

El captador inductivo está formado por:

- Un imán permanente.
- Un cable formando un arrollamiento alrededor del imán.
- Una rueda dentada de material ferromagnético.

El funcionamiento básico del captador inductivo se basa en los efectos de la electricidad sobre el magnetismo. Al girar la rueda dentada se produce una distorsión del campo magnético (figura 2.8). Las distorsiones y variaciones del campo magnético afectan sobre la bobina que genera una corriente eléctrica alterna. La frecuencia de la corriente alterna es proporcional a las revoluciones de la corona dentada.

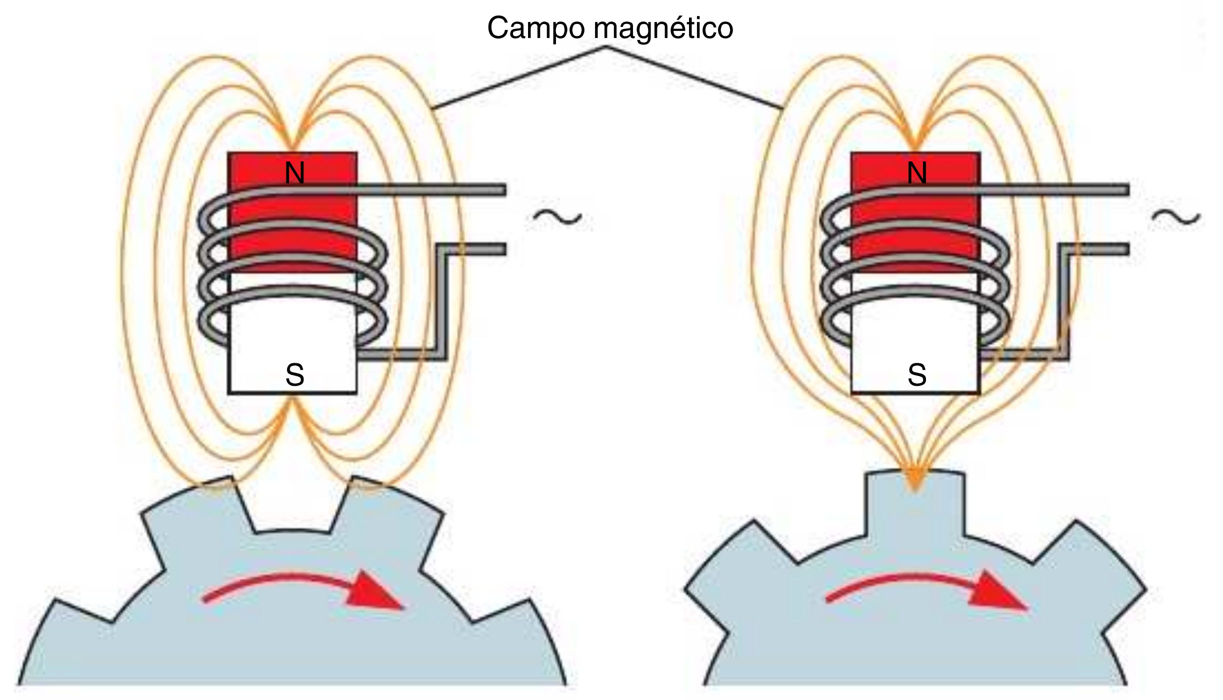
Por ejemplo, los captadores inductivos se emplean para medir el número de revoluciones del motor, ABS y cambios automáticos, colocando la rueda dentada en el eje que gira y el captador en un lugar fijo.



↑ **Figura 2.7.** Captador inductivo y rueda dentada de material ferromagnético.

caso práctico inicial

El captador inductivo del motor AFN indica las revoluciones de giro del motor. A la rueda dentada le falta un diente para indicar la posición del punto muerto del motor, conociendo este dato el motor puede adelantar o atrasar el momento de la inyección.



↑ **Figura 2.8.** Principio de funcionamiento de un captador inductivo.

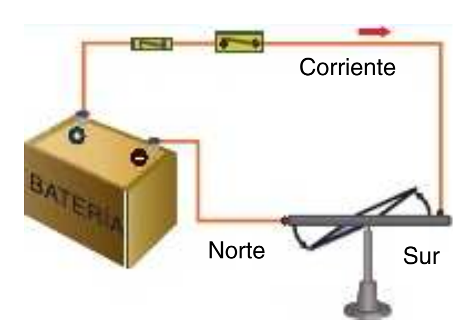


2. Magnetismo y electricidad

2.1. Experiencia de Oersted

Oersted observó que, alrededor de la corriente eléctrica se produce un campo magnético que actúa sobre los imanes. Situó una brújula debajo de un conductor y observó que, cuando circulaba corriente, esta se colocaba perpendicularmente al mismo. De igual forma, si se invertía el sentido de la corriente eléctrica, la brújula, a su vez, cambiaba su orientación.

Para conocer el sentido del campo se hace uso de la regla de la mano derecha: si rodeamos con la mano derecha el conductor, de forma que su eje coincida con el sentido de la corriente, el resto de los dedos indicarán el sentido del campo eléctrico.



↑ **Figura 2.9.** Experiencia de Oersted.

2.2. Ley de Biot Savart

Al atravesar una cartulina en la cual hemos esparcido limaduras de hierro (figura 2.10) con un conductor rectilíneo por el cual circula una corriente (I), observamos que las limaduras se alinean formando círculos concéntricos alrededor del conductor, siendo más densos los círculos conforme nos acercamos al conductor.

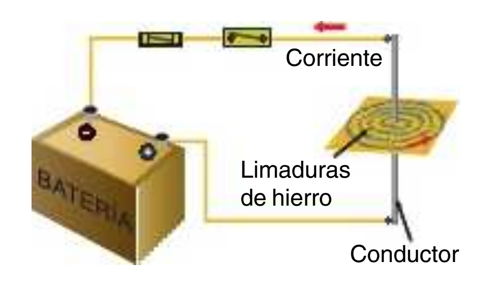
La ley de Biot Savart nos dice que: «una corriente rectilínea crea un campo magnético circular en un plano perpendicular al conductor, cuyas líneas de fuerza, denominadas líneas de inducción, tienen el sentido de giro definido por la ley del sacacorchos que dice así: «Si se coloca un sacacorchos de forma que su eje coincida con la línea del conductor y avance en el mismo sentido que la corriente eléctrica, el sentido de giro de las líneas de fuerza coincide con el sentido de giro del sacacorchos». La corriente avanza cuando el campo gira hacia la derecha».

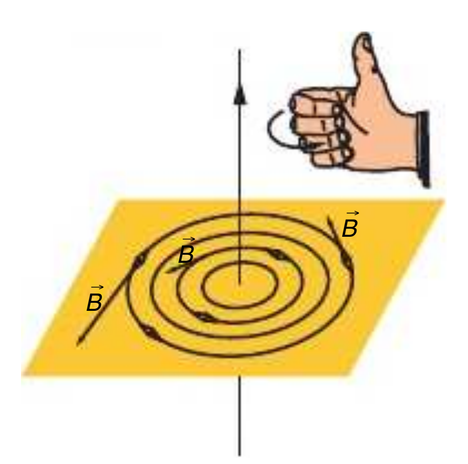
Según la ley de Biot Savart, el campo magnético generado por un conductor rectilíneo a una distancia d se calcula por la siguiente expresión:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

Donde B es la inducción magnética, I la intensidad de corriente, μ el coeficiente de permeabilidad magnética y d la distancia.

Por lo que se deduce que el campo magnético será más intenso en las cercanías del conductor.





↑ **Figura 2.10.** Ley de la mano derecha.

2.3. Fuerza del campo magnético sobre una corriente eléctrica rectilínea

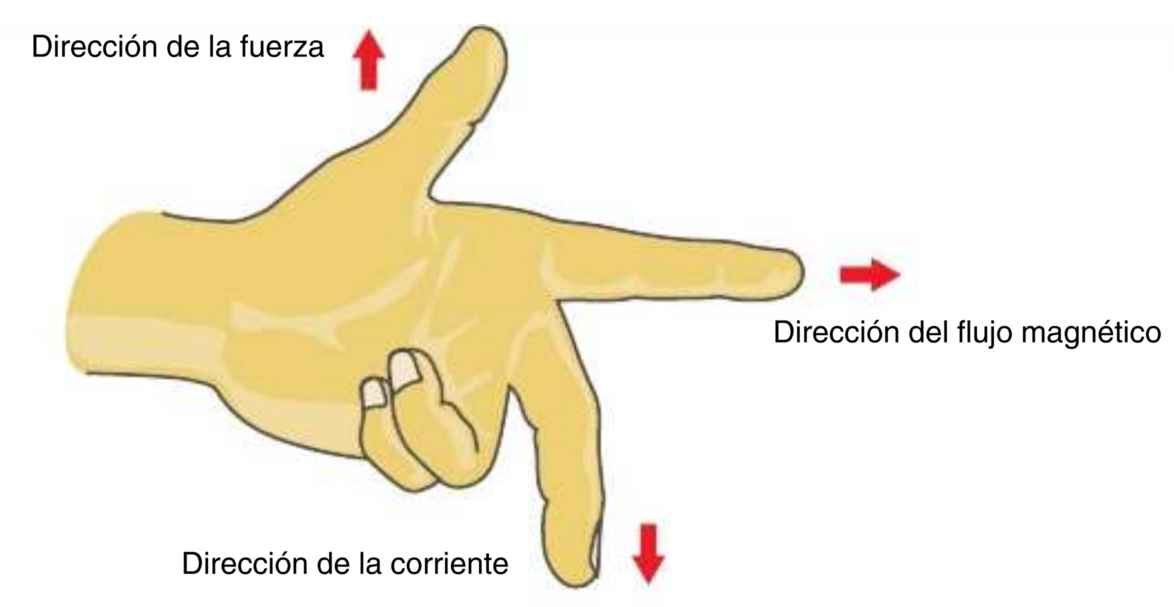
Al colocar un conductor por el que circula una corriente eléctrica de intensidad (I), en posición normal a un campo magnético uniforme (líneas de inducción paralelas), aparece una fuerza (F) que tiende a desplazar el conductor en un plano perpendicular a las líneas de inducción, cuyo sentido viene determinado por la regla de la mano izquierda (figura 2.11).



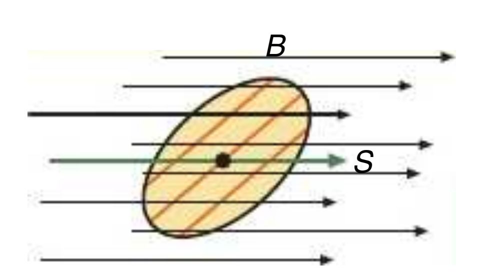
saber más

Regla de la mano izquierda

La regla de la mano izquierda indica la dirección y sentido de la fuerza aparecida sobre el conductor en el seno del campo magnético.



↑ **Figura 2.11.** Regla de la mano izquierda.



↑ **Figura 2.12.** Flujo de inducción.

Según la ley de Laplace, la fuerza con que el campo tiende a desplazar al conductor, depende de la intensidad de la corriente (I), de la longitud del conductor y del propio campo magnético, cuantificado por una magnitud denominada vector inducción B.

En el caso que el conductor se coloque paralelo al campo tendremos $F = 0$.

Si colocamos el conductor con un ángulo α respecto al campo, el valor de la fuerza F vendrá determinado por:

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \text{sen}\ \alpha$$

saber más

Tesla

Unidad de medida de inducción magnética en el Sistema Internacional equivalente a la inducción magnética uniforme que, repartida normalmente sobre una superficie de un metro cuadrado, produce sobre dicha superficie un flujo magnético total de 1 weber.

2.4. Campo magnético creado por un solenoide

Si tomamos un conductor aislado (ejemplo cobre) y lo enrollamos circularmente formando una bobina, hemos construido un solenoide. A cada vuelta del solenoide se la denomina espira (figura 2.13).

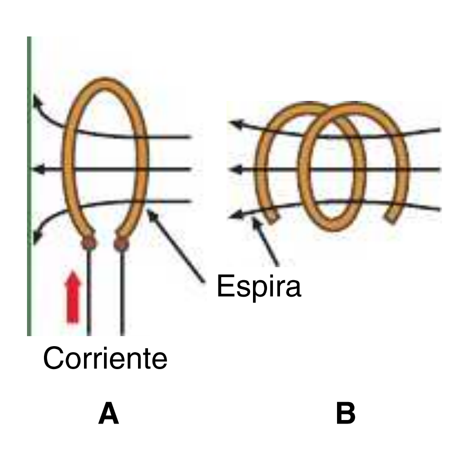
Al hacer pasar una corriente por un solenoide (figura 2.14), este crea un campo magnético de tal forma que el flujo en su interior va del polo sur (S) al polo norte (N), y por el exterior del norte (N) al sur (S). Este flujo aumenta del siguiente modo:

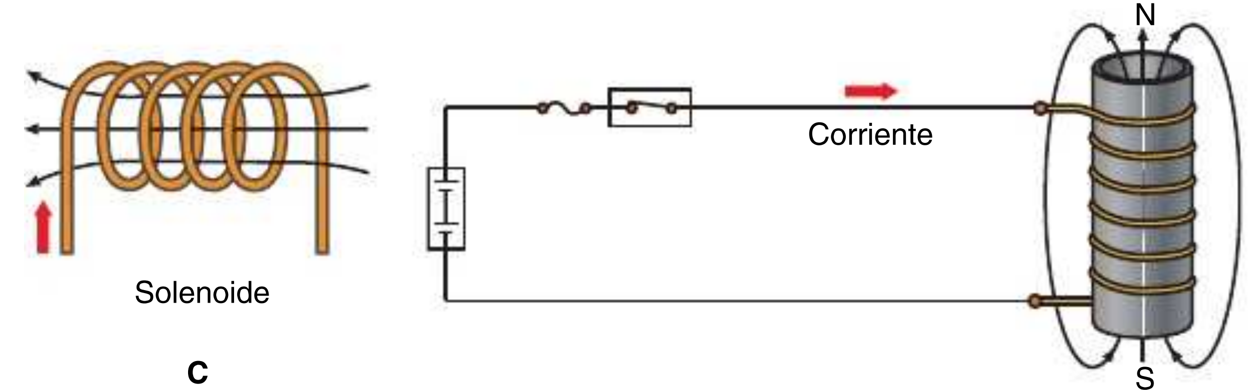
- Con el número de espiras de la bobina.
- Con la intensidad de la corriente.
- Al introducir en el interior del solenoide una barra de metal que se pueda imantar, como el hierro dulce (electroimán).

saber más

Electroimán

Los electroimanes tienen múltiples aplicaciones en los aparatos que forman parte del equipo eléctrico del automóvil.





↑ **Figura 2.13.** Solenoide, espira.

↑ **Figura 2.14.** Campo magnético creado por un solenoide.

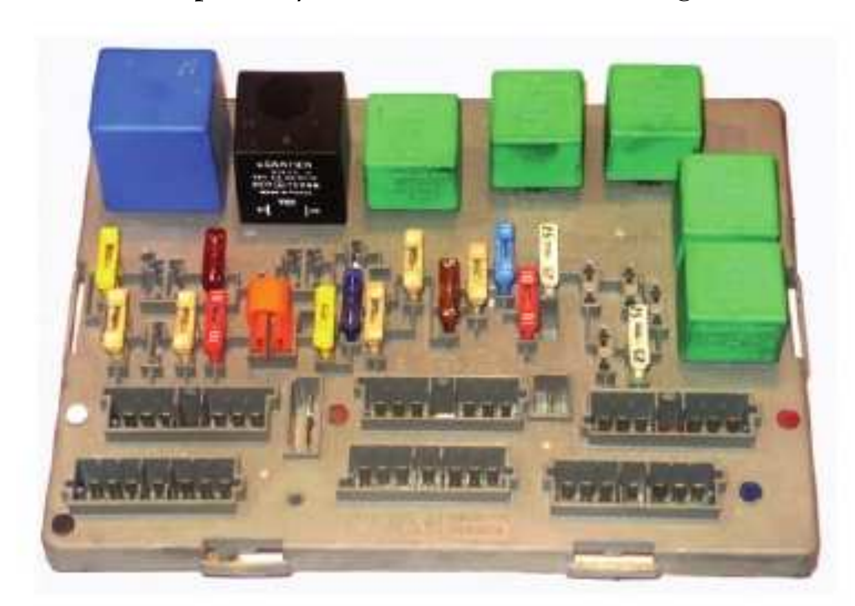
2.5 Aplicación del solenoide o electroimán en los circuitos

Los elementos más importantes en los vehículos que disponen de electroimanes en su constitución son los siguientes:

- Relés.
- Electroválvulas.
- Motores.
- Generadores.

Relé

El relé es un componente empleado en los circuitos eléctricos para proteger los contactos de los interruptores y centralitas de mando (figura 2.15).

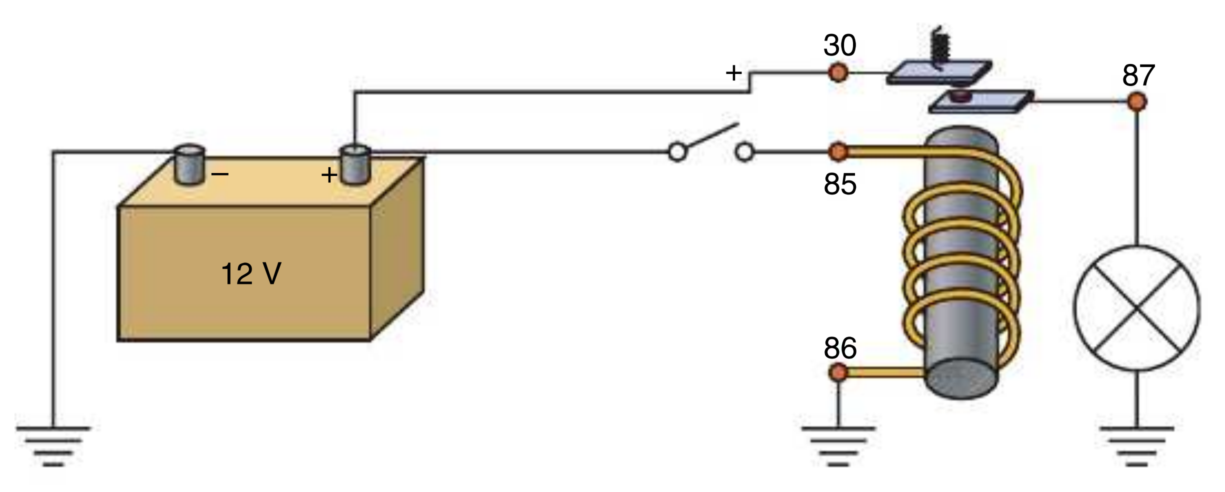


↑ **Figura 2.15.** Placa eléctrica con relés, fusibles y sus conectores.

El relé se monta cuando la intensidad que circula por el circuito es elevada por ejemplo, en el circuito de asientos calefactables, luna térmica, limpiaparabrisas, elevalunas, etc.

El relé simple actúa como un interruptor reforzado ya que dispone de dos circuitos:

- Un circuito se alimenta de corriente directa desde la batería, borne 30 y salida borne 87 para alimentar con gran intensidad el circuito, lámpara, motor, etc.
- Otro circuito dispone de dos bornes: el 85 alimentación positiva comandada por un interruptor y masa borne 86 que cierra el circuito del bobinado a masa (figura 2.16).



↑ **Figura 2.16.** Circuito eléctrico con relé sin activar.

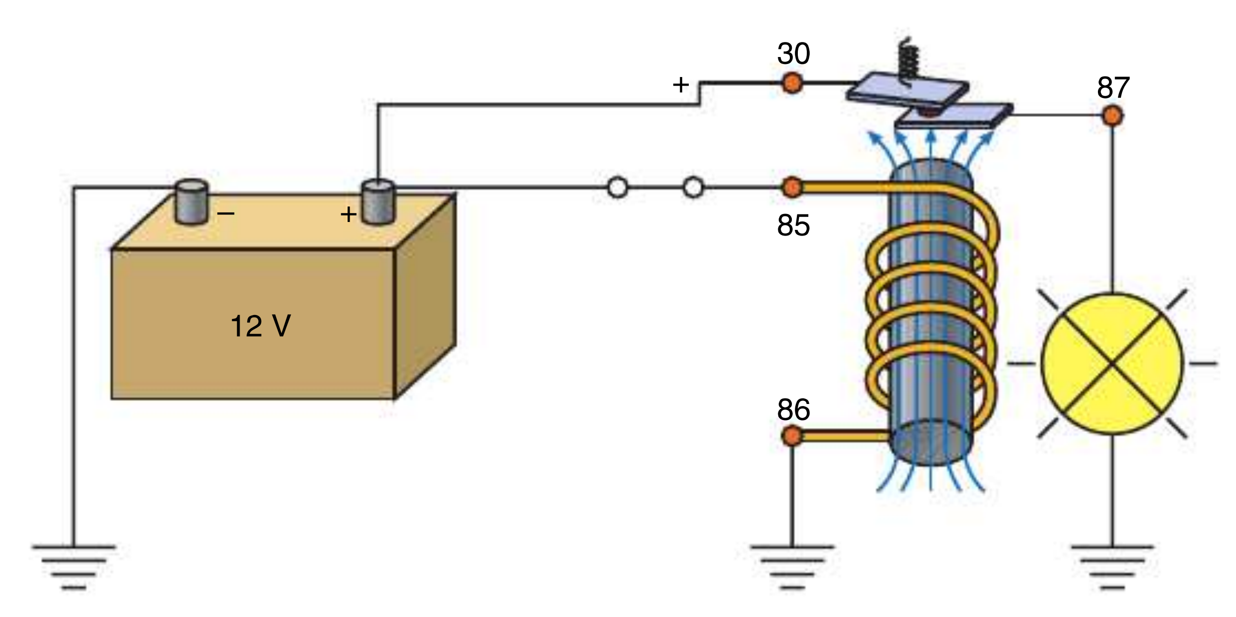
caso práctico inicial

El relé de alimentación del módulo de gestión es una pieza clave en el funcionamiento del sistema de inyección del motor.

En el Seat Alhambra el relé de alimentación del módulo de inyección es el 109, si falla el relé el módulo no se alimenta eléctricamente y no se puede poner en marcha el motor.



Al cerrar el interruptor de mando (figura 2.17), la corriente circula por el bobinado del electroimán, creando un campo magnético que atrae el contacto y lo cierra, alimentando la lámpara con corriente directa del borne 30. La intensidad que circula por el bobinado del relé es muy pequeña comparada con la que puede circular entre el borne 30 y 87.



↑ **Figura 2.17.** Circuito eléctrico con relé activado.

Electroválvulas

Las electroválvulas se emplean para controlar el paso de fluidos como aceite, gasolina, gasóleo, aire, etc. por los distintos sistemas del vehículo.

Las electroválvulas son válvulas que disponen de un sistema de apertura y cierre controlado por un electroimán. Las electroválvulas montadas en los vehículos pueden ser de dos tipos:

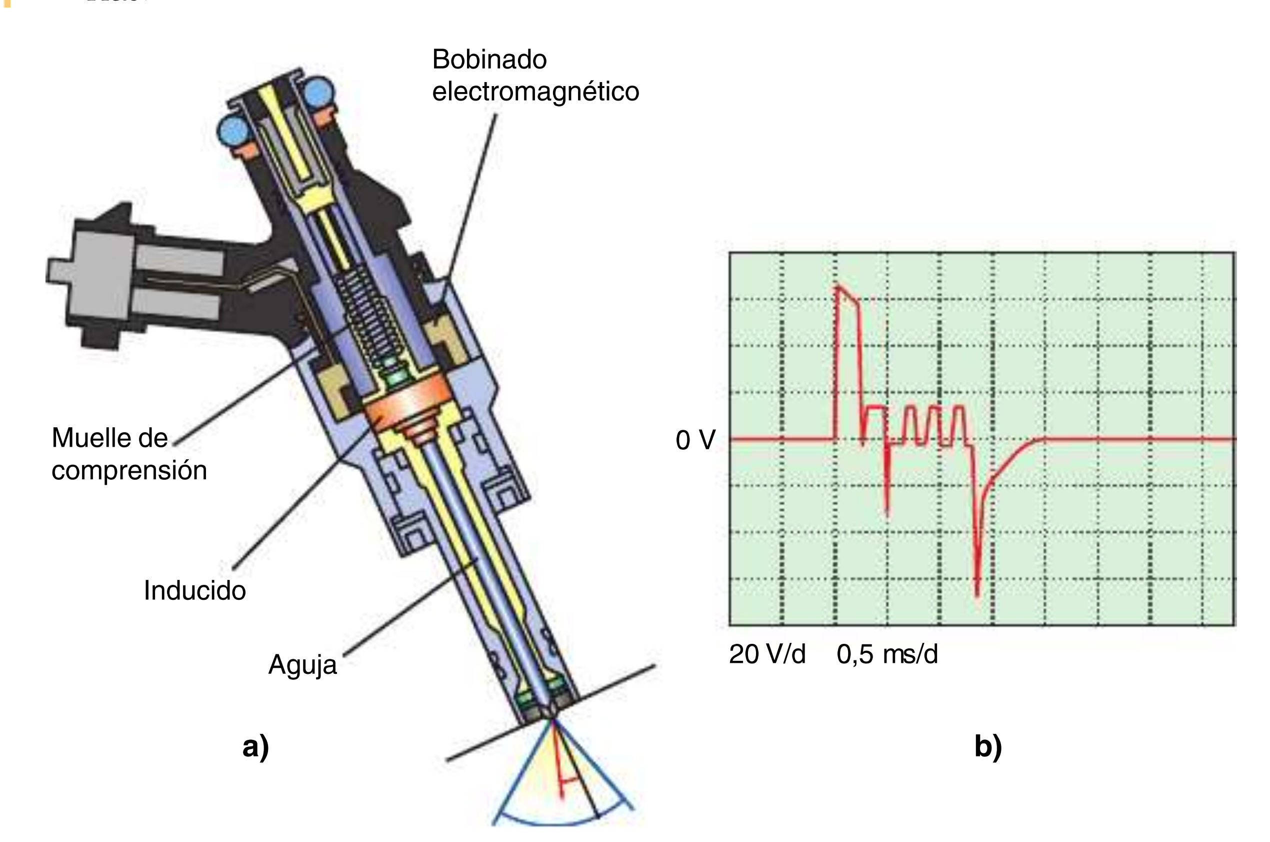
- Electroválvulas alimentadas eléctricamente de forma permanente.
- Electroválvulas alimentadas de forma discontinua con corrientes pulsatorias.

caso práctico inicial

La electroválvula de corte de la bomba inyectora se alimenta con tensión de forma permanente, mientras se encuentre el contacto puesto.



↑ **Figura 2.18.** Electroválvula de corte.



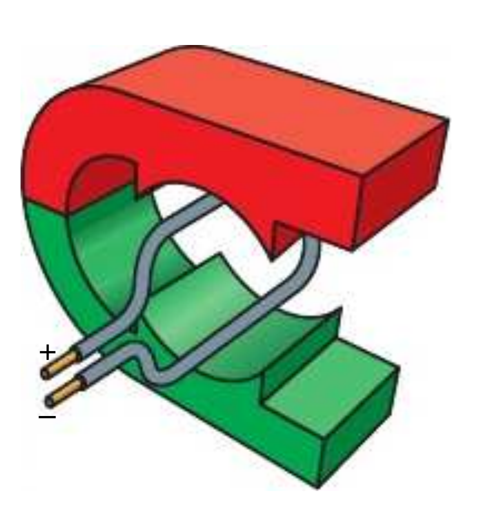
↑ **Figura 2.19.** a) Inyector electromagnético. b) Señal de alimentación de un inyector.



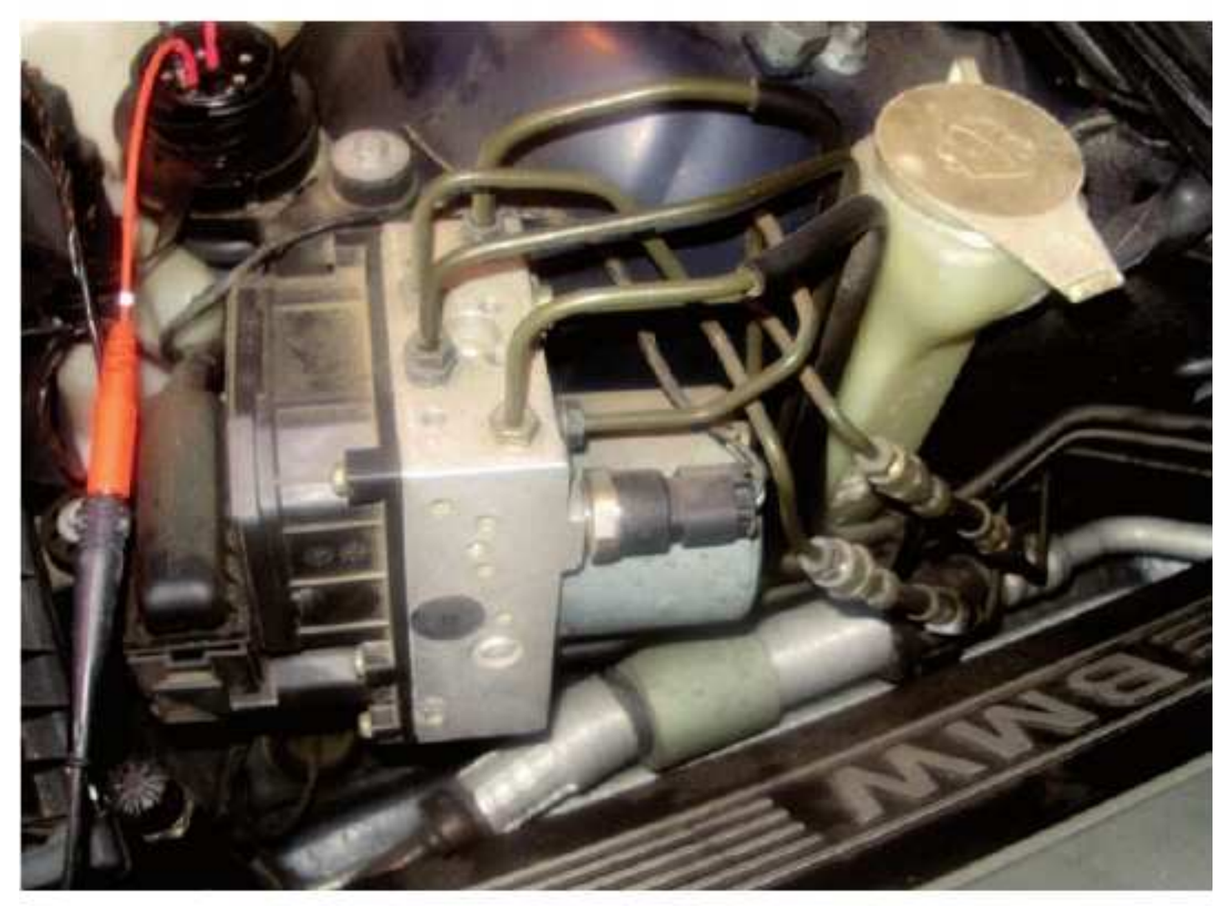
Motores

Los motores eléctricos de corriente continua basan su funcionamiento en las fuerzas electromagnéticas que generan los imanes y electroimanes. Estos transforman la energía eléctrica en movimiento de rotación.

En los vehículos, los motores eléctricos se emplean para mover los mecanismos y bombas de los circuitos hidráulicos y neumáticos (figura 2.21).



↑ **Figura 2.20.** Principio de funcionamiento del motor electromagnético.



↑ **Figura 2.21.** Motor de la bomba de barrido de un ABS/ESP .

Generadores

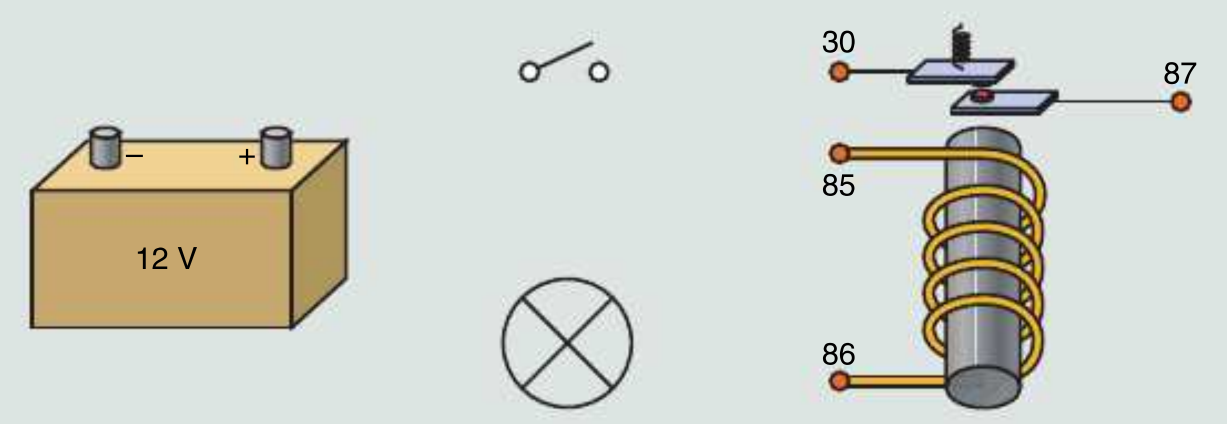
Los generadores basan sus principios de funcionamiento en los fenómenos electromagnéticos y según el principio de las corrientes inducidas de una bobina cuando es sometida a variaciones del campo magnético. Los generadores más empleados son: el alternador, la dinamo y el volante magnético en las motocicletas y ciclomotores (figura 2.22).



↑ **Figura 2.22.** Volante magnético desmontado.

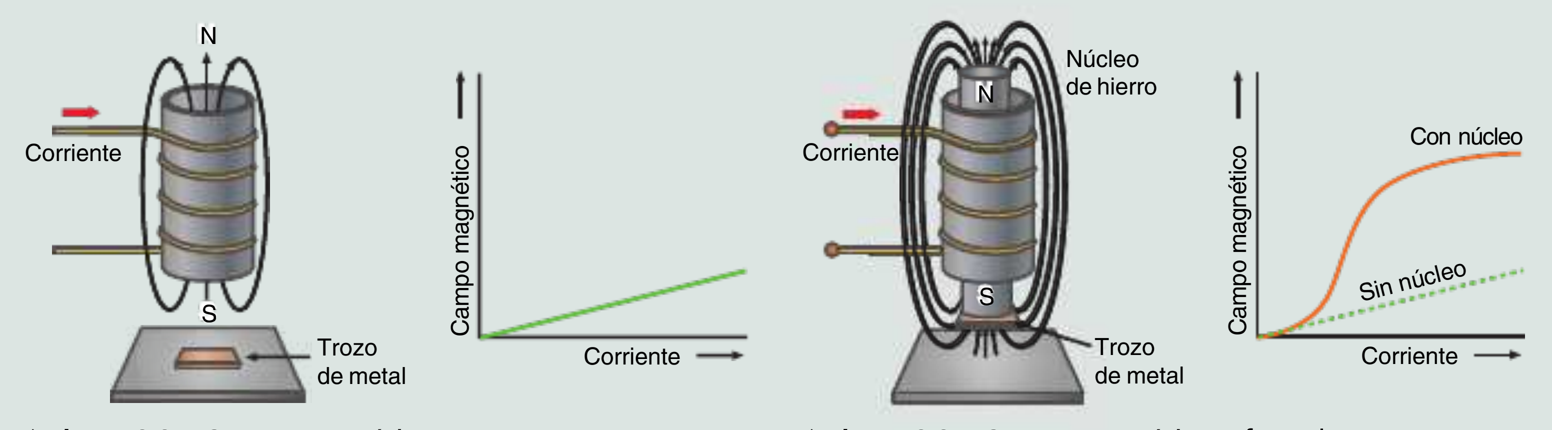
ACTIVIDADES FINALES

- 1. Si acercamos una barra de acero a un imán, ¿qué le ocurrirá a esta barra después de algún tiempo de haber estado en contacto con el imán?
- 2. ¿Qué son los polos magnéticos y qué propiedad tienen?
- 3. ¿Qué ocurre al aproximar dos imanes del mismo polo?
- 4. Indica las piezas que forman un captador inductivo.
- 5. Explica el funcionamiento básico del captador inductivo.
- 6. ¿Qué mide la permeabilidad magnética?
- 7. ¿A qué se conoce como la ley del sacacorchos?
- 8. Si realizamos un solenoide, ¿cómo varía el campo magnético al aumentar la intensidad que lo recorre?
- 9. Realiza las conexiones del circuito eléctrico para alimentar la lámpara empleando un relé de cuatro contactos.



↑ **Figura 2.23.** Componentes de un circuito.

- 10. Si colocamos una barra de coeficiente de permeabilidad de 1.200 en un campo magnético en el cual hay una línea de fuerza (inducción al vacío), ¿cuánto valdrá la inducción magnética en dicha barra?
- 11. Construye en el laboratorio un solenoide como el de la figura 2.25, con un conductor aislado de 0,3 mm de diámetro y 100 espiras. Alimenta el solenoide con una fuente de alimentación de corriente continua y colócalo encima de una plaquita de hierro. Haz pasar corriente aumentando poco a poco la intensidad desde 0,1 A hasta 3 A; verás que no puede atraer el solenoide a la plaquita, al ser el campo magnético pequeño. Repite la experiencia introduciendo un núcleo de hierro dentro del solenoide (figura 2.26); verás ahora cómo el solenoide atraerá a la plaquita de hierro.



↑ **Figura 2.24.** Campo magnético pequeño.

↑ **Figura 2.25.** Campo magnético reforzado.

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. Según el coeficiente de permeabilidad, ¿a qué grupo pertenece el hierro?
- a) Diamagnético.
- b) Ferromagnético.
- c) No magnético.
- d) Paramagnético.

2. ¿Cuál es la unidad de inducción magnética?
- a) Weber.
- b) Amperio/m.
- c) Newton.
- d) Tesla.

3. El flujo de inducción en el interior de un solenoide aumenta si…
- a) Aumentamos el número de espiras de la bobina.
- b) Reducimos el número de espiras de la bobina.
- c) Invertimos el sentido de la corriente.
- d) Introducimos en el interior del solenoide una barra de un no metal.

4. El weber es la unidad de…
- a) Potencia eléctrica.
- b) Permeabilidad magnética.
- c) Intensidad de campo eléctrico.
- d) Flujo magnético.

5. ¿Quién cuantificó la fuerza con que el campo magnético tiende a desplazar a un conductor?
- a) Laplace.
- b) Oersted.
- c) Fleming.
- d) Ampere.

6. Al producto escalar del vector inducción por la superficie, lo denominamos…
- a) Intensidad de campo eléctrico.
- b) Permeabilidad magnética.
- c) Flujo magnético.
- d) Inducción magnética.

7. Según la regla de la mano izquierda, ¿qué nos indica el dedo índice?
- a) La dirección de la fuerza a que está sometido el conductor.
- b) La dirección del flujo magnético.
- c) La dirección de la corriente.
- d) No indica nada.

8. El espacio dentro del cual un imán deja sentir su acción atractiva lo denominamos…
- a) Permeabilidad magnética.
- b) Campo magnético.
- c) Intensidad de campo eléctrico.
- d) No existe tal espacio.

9. ¿Qué nos indica la dirección seguida por las líneas de fuerza?
- a) La dirección de la corriente.
- b) La dirección del campo magnético.
- c) Nada.
- d) La dirección de la corriente o la dirección del campo, dependiendo del material.

10. ¿Cómo influye el número de líneas de fuerza en la intensidad del campo magnético?
- a) No influye.
- b) Cuanto mayor sea el número de líneas de fuerza que atraviesan la unidad de superficie, menos intenso será el campo magnético.
- c) Cuanto mayor sea el número de líneas de fuerza que atraviesan la unidad de superficie, más intenso será el campo magnético.
- d) Las líneas de fuerza no tienen nada que ver con el campo magnético.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Polímetros digitales

MATERIAL

- Aguja imantada
- Batería de 12 V
- Lámpara de 55 W y cables

Realización de la experiencia de Oersted

OBJETIVOS

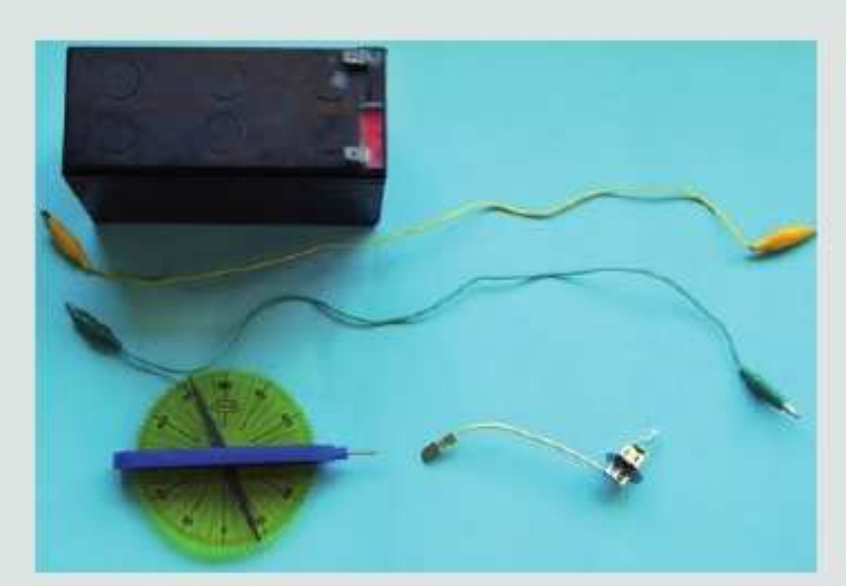
Realizar la experiencia de Oersted para comprobar que alrededor de un conductor por el que circula una corriente eléctrica se produce un campo magnético.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Procurar no provocar un cortocircuito pues no tenemos instalado ningún fusible.

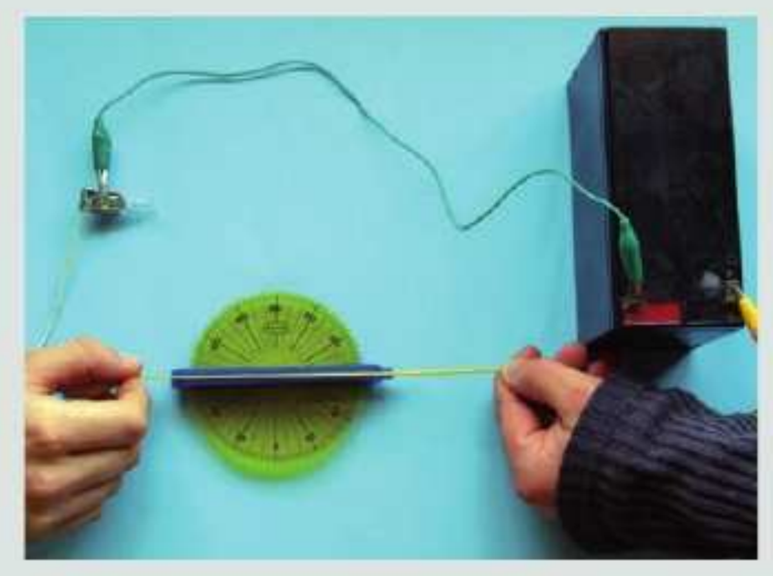
DESARROLLO

1. Antes del desarrollo propiamente dicho, señalaremos que en la figura 2.26 se muestra el material empleado.
2. Realizamos el circuito tal como se ve en la figura 2.27: simplemente se trata de la lámpara y dos cables. Uno de los cables lo tensamos y lo hacemos pasar justo por encima de la aguja y lo más cerca posible de esta.
3. Antes de conectar el circuito a la batería vemos que si la aguja está en posición longitudinal al cable, esta permanece en esta posición tal como se aprecia en la figura anterior.
4. A continuación, al conectar el circuito a la batería (véase la figura 2.28), comprobamos que al pasar corriente eléctrica por el conductor provoca que la aguja gire y se coloque en posición perpendicular al conductor.

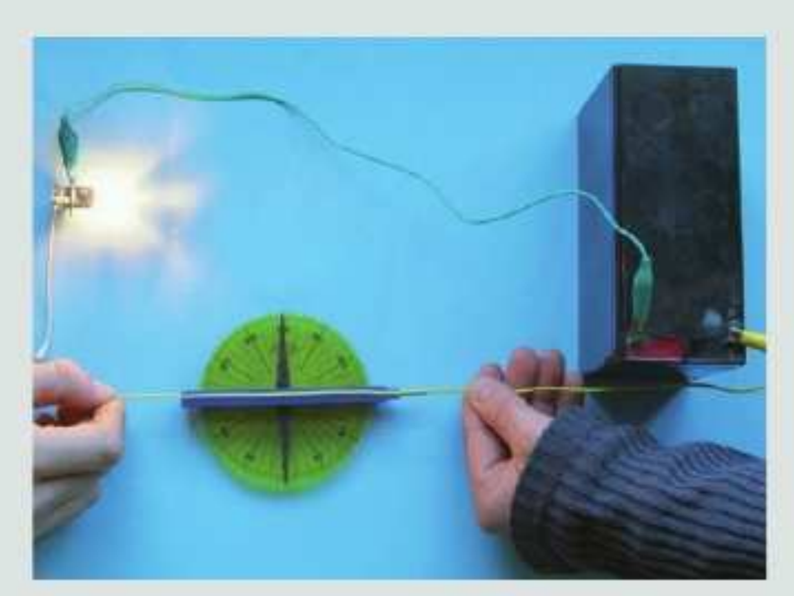


↑ **Figura 2.26.** Material empleado.

Esto solo puede ser consecuencia de que al lado del campo magnético de la aguja aparece otro campo magnético y, por tanto, unas fuerzas de atracción y repulsión que hacen que esta gire.



↑ **Figura 2.27.** Circuito.



↑ **Figura 2.28.** Circuito una vez conectado a la batería.



Comprobación de un relé empleando un polímetro

HERRAMIENTAS

- Polímetro

MATERIAL

- Un relé
- Cables con conectores
- Batería y lámpara

OBJETIVOS

Verificar el funcionamiento de un relé

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Conectar bien el polímetro y evitar los cortocircuitos.

DESARROLLO

1. Para comprobar un relé lo primero es comprobar que el bobinado del solenoide tiene continuidad y se encuentra aislado.
2. Comprobar la continuidad y la resistencia interna del bobinado empleando el polímetro en posición de ohmios (figura 2.29) y conectando entre los bornes 85 y 86 el valor de la resistencia es de 58,4Ω (figura 2.30).



↑ **Figura 2.29.** Polímetro en posición de ohmios.



↑ **Figura 2.30.** Medir la resistencia del bobinado.

3. Si el bobinado se encuentra sin continuidad el relé está defectuoso y es necesario sustituirlo. Cuando el bobinado está bien el siguiente paso es comprobar que los contactos del relé cierran correctamente y no tienen una resistencia al paso de la corriente excesiva.
4. Comprobar que los contactos cierran al excitar la bobina midiendo la tensión de alimentación 11,91 V (figura 2.31) y la continuidad entre el borne de entrada de corriente 30 y salida 87. La resistencia es 0,08Ω (figura 2.32).
5. El relé se encuentra bien y puede funcionar correctamente en el circuito.



↑ **Figura 2.31.** Alimentar con tensión el relé.



↑ **Figura 2.32.** Continuidad y resistencia.



MUNDO TÉCNICO

El Corvette con control magnético de suspensión

La tercera generación del Chevrolet Corvette ha sido hasta el momento la más popular a lo largo de sus 17 años de producción. Llamado también Stingray (Mantarraya) por el anagrama que portaba sobre las salpicaderas a partir de 1969, supuso su máxima manifestación de radicalidad.

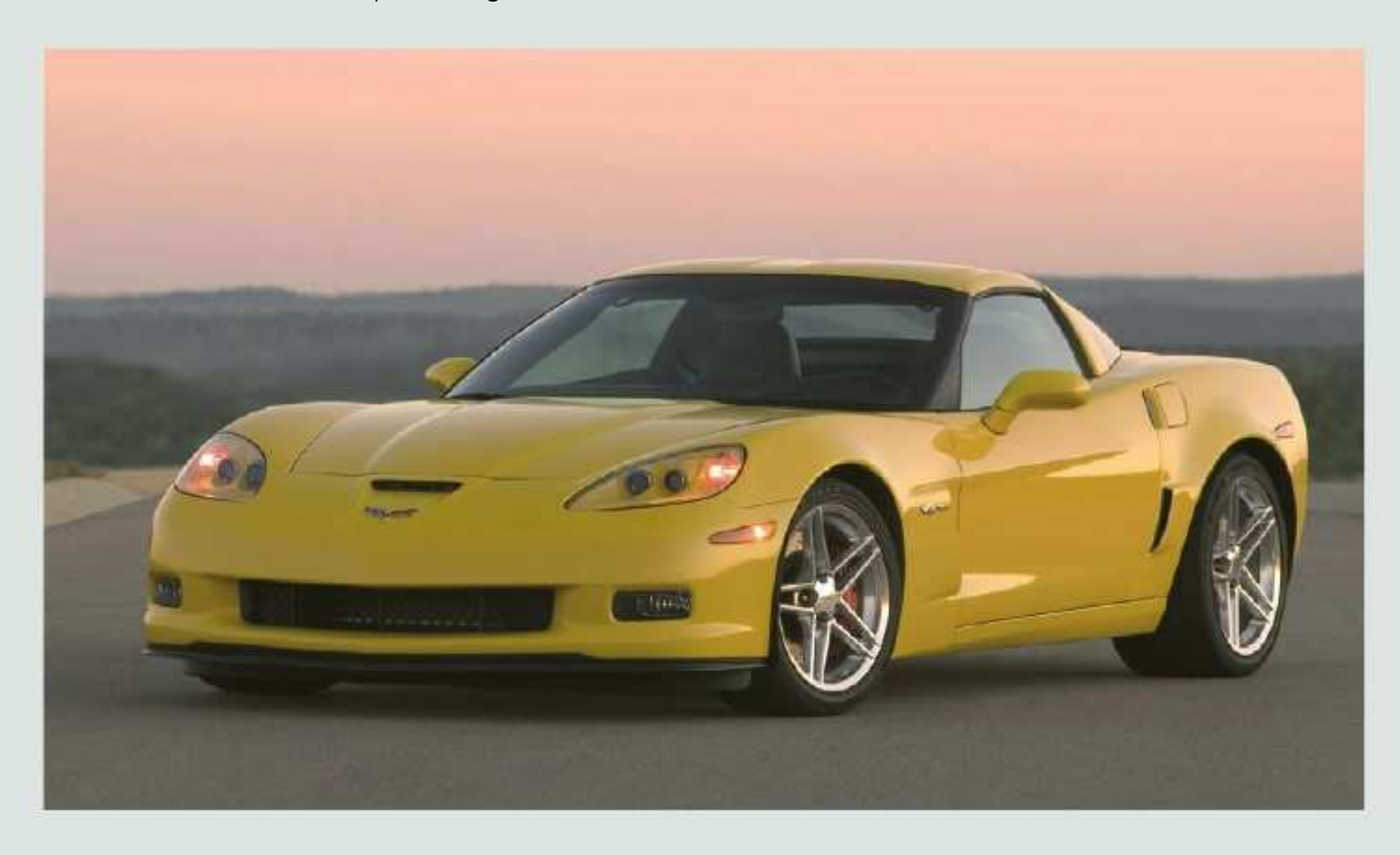
El C4 apareció en 1984 y se comercializó hasta 1997. En su renovación estética tuvo mucho que ver el trabajo en el túnel de viento: de allí nacieron sus líneas más fluidas, parabrisas inclinado a 64 grados y medallón trasero panorámico. Mecánicamente se destacó por el aumento de la rigidez torsional y la reubicación del motor en una posición más centrada para mejorar el reparto de pesos. A lo largo de su existencia fue recibiendo sucesivas mejoras, como la caja de cambios manual ZF de seis velocidades (1989) o algunas provenientes de la implantación de la electrónica: ABS (1987) y control de tracción en 1992.

Y así llegamos a la generación actual, el C5, todo un banco de experimentación y aplicación de los últimos avances técnicos de General Motors que apareció en 1997 y asistió desde su privilegiada posición a la entrada del tercer milenio. Estéticamente supone la lógica continuación del modelo anterior.

Mecánicamente se distingue por su motor, construido íntegramente en aluminio, con 5,7 litros de cilindrada y 344 CV de potencia. Está colocado muy atrás, lo que unido a la transmisión «transaxale» sobre el tren trasero consigue un reparto de 50 por ciento sobre cada eje.

Es la base sobre la que se ha creado la edición especial de 50 aniversario. Se caracteriza por sus anagramas específicos, estar pintado de un exclusivo color rojo creado *ex professo* para la ocasión y por sus exclusivas llantas doradas de 17" en el eje delantero y de 18" en el trasero. Tiene más rasgos diferenciadores: el sistema de control magnético que regula la suspensión mediante un electroimán colocado en los amortiguadores. Se consigue así endurecer la suspensión y mantener una distancia constante al suelo independientemente de la superficie por la que se circula, ya sean badenes o baches, permitiendo disfrutar al máximo el dinamismo que lleva consigo el significado de la palabra Corvette: el deportivo norteamericano por antonomasia.

Motor clásico Oscar Díaz.





EN RESUMEN

CONCEPTOS Y LEYES FUNDAMENTALES DEL ELECTROMAGNETISMO

- **Imán natural**
  - Propiedades físicas →
    - Experiencia de Oersted
    - Ley de Biot Savart
    - Solenoide y campo magnético
  - Corriente eléctrica →
    - Magnetismo
    - Campo magnético
    - Permeabilidad magnética
- **Principales aplicaciones de los electroimanes en los vehículos**
  - Relé
  - Electroválvulas
  - Motores
  - Generadores
- **Unidades magnéticas**
  - Coeficiente de permeabilidad → μ
  - Inducción magnética → B → $B = \frac{F}{l \cdot I}$ → Tesla (T)
  - Flujo magnético → ϕ → $\phi = B \cdot S$ → Weber (Wb)
  - Intensidad de campo magnético → H → $H = \frac{l}{\mu} \cdot B$ → $\frac{\text{Amperio}}{\text{metro}}$ (A/m)

entra en internet

1. Investiga en Internet qué componentes de los automóviles están basados en fenómenos magnéticos.

3 Generación de corriente

vamos a conocer...

1. La generación de corriente eléctrica
2. Principios básicos de la generación de la corriente eléctrica
3. Leyes y fenómenos de autoinducción
4. Acción electroquímica de la corriente. Electrólisis
5. Pilas de combustible

PRÁCTICA PROFESIONAL

Generación de corriente inducida

Proceso de carga de una batería de plomo y ácido

MUNDO TÉCNICO

Carreras de cero emisiones en Alcañiz

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás los principios básicos de la generación de la corriente.
- Conocerás el principio de funcionamiento de un generador elemental electromagnético.
- Conocerás las aplicaciones de las baterías de ion-litio.
- Estudiarás el principio de funcionamiento de la pila de combustible.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Los gobiernos de los países industrializados y los fabricantes de vehículos tienen un importante reto para los próximos años, la sustitución de motores que emplean combustibles fósiles por motores eléctricos y ecológicos.

Los consumidores también tienen que optar por elegir el modelo de vehículo ecológico que mejor se adapta a sus necesidades, este es el caso de Manuel, padre de un alumno de electromecánica, que ha decidido comprar un automóvil ecológico y pregunta a su hijo sobre los distintos tipos de vehículos y el tipo de energía que se puede emplear.

La explicación que recibe sobre los vehículos eléctricos e híbridos actuales es la siguiente:

Un vehículo eléctrico híbrido (VEH) es un vehículo en el que al menos una de las fuentes de energía, almacenamiento o conversión puede entregar energía eléctrica.

Los VEH constan de uno o varios motores eléctricos y de un motor de combustión interna (MCI); el motor eléctrico se alimenta por baterías que se recargan en fases que sobra energía y en las frenadas, los motores de acoplan o desacoplan según las prestaciones que se pida al vehículo, pudiendo funcionar solamente con los motores eléctricos, con el motor térmico o de forma conjunta motor eléctrico y motor térmico. Los modelos más comercializados son el Toyota Prius y Lexus RX 400h.

Un vehículo eléctrico, (VE) dispone de un motor eléctrico y baterías diseñadas específicamente con nuevos materiales ion-litio, que le permiten una autonomía de 100 a 130 km no suelen disponer de sistemas de carga y es necesario recargarlas una vez agotadas, los vehículos eléctricos actuales son de poca potencia y están diseñados para circular principalmente por ciudad .

Un vehículo eléctrico híbrido con pila de combustible (VEHPC) es aquel en el que al menos dos de las fuentes de energía, almacenamiento o conversión pueden suministrar energía eléctrica. Los principales elementos que lo componen son:

- **Baterías** (como sistema de almacenamiento).
- **Pila de combustible** (como elemento que aporta energía).
- **Motor eléctrico.**

La pila de combustible genera electricidad de forma continua para cargar las baterías, pero necesita hidrógeno para funcionar.

No se comercializan vehículos con pila de combustible a gran escala, pero los fabricantes disponen de modelos, el Honda FCX Clarity y el HydroGen4 de GM son dos modelos muy eficientes.

Con la información que Manuel ha recibido de su hijo se plantea probar un eléctrico híbrido que cree que es el coche que mejor se puede adaptar a sus necesidades.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Crees importante que los fabricantes investiguen en el desarrollo de vehículos que no consuman combustibles fósiles?
2. ¿Aconsejarías a un amigo que compre un vehículo híbrido, razona los motivos?
3. ¿Crees que los vehículos eléctricos tienen futuro?
4. ¿Consideras importante investigar en nuevas baterías para evolucionar más los vehículos eléctricos?
5. ¿Consideras una buena compra un vehículo con pila de combustible?



1. La generación de corriente eléctrica

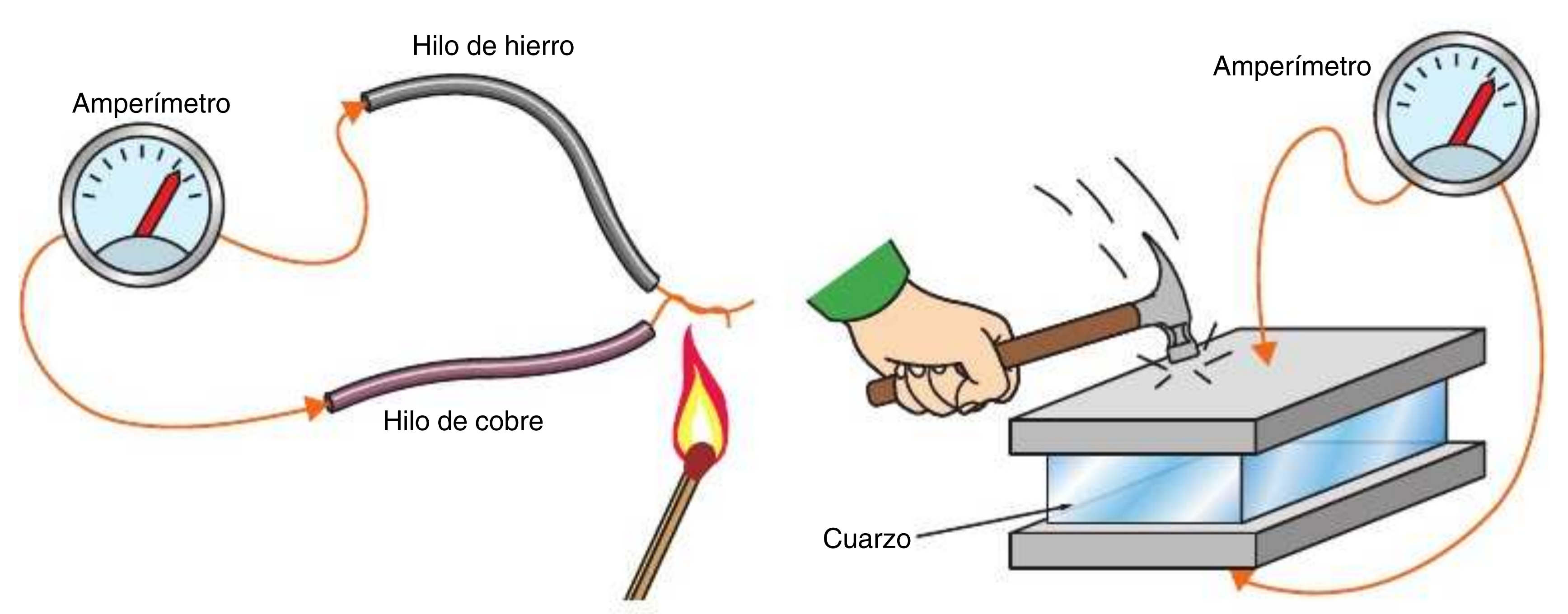
La corriente eléctrica se genera en los fenómenos que consiguen arrancar electrones al átomo y establecer una corriente, estos fenómenos son los siguientes:

1.1. Térmico

Los termopares son la unión de dos metales con diferente potencial termoeléctrico que al ser calentados generan corriente, como por ejemplo, el hilo de hierro y de cobre (Cu) (figura 3.1). Los sistemas de generación térmicos tienen un bajo rendimiento y no se emplean en automoción para generar electricidad.

1.2. Piezoeléctrico

La deformación física experimentada por un cristal de cuarzo genera corriente en los extremos del mismo (figura 3.2). El fenómeno también es reversible, al aplicar una corriente eléctrica en los cristales de cuarzo, aumenta de tamaño de los cristales. El fenómeno piezoeléctrico se emplea en captadores, generación de corriente y en inyectores piezoeléctricos de motores HDI.



↑ **Figura 3.1.** Generación de corriente térmica.

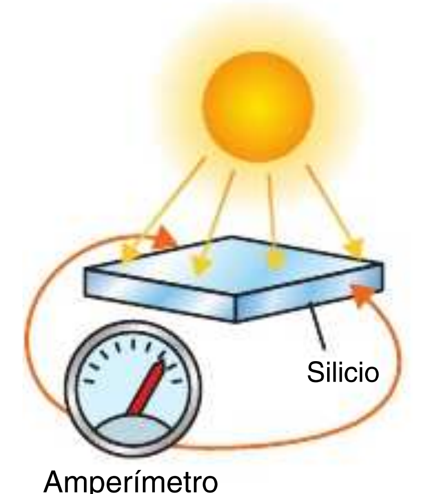
↑ **Figura 3.2.** Generación de corriente piezoeléctrica.

1.3. Fotoeléctrico

Al incidir la luz en materiales semiconductores, compuestos de silicio, se desprenden electrones y se establece una corriente eléctrica (figura 3.3).

La electricidad se genera a través de celdas solares. Una delgada rejilla semiconductora es especialmente tratada para formar un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando la energía luminosa llega hasta la celda solar, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del material semiconductor.

Si ponemos conductores eléctricos tanto del lado positivo como del negativo de la rejilla, formando un circuito eléctrico, los electrones pueden ser capturados en forma de una corriente eléctrica.



↑ **Figura 3.3.** Generación de corriente fotoeléctrica.



La energía fotoeléctrica todavía no tiene una gran aplicación en los vehículos, en algunos modelos en el techo se han colocado paneles fotoeléctricos para cargar la batería o alimentar circuitos especiales.

En el SEAT Exeo como equipamiento opcional dispone de un techo solar equipado con **placas solares**.

Las placas solares se utilizan para generar electricidad cuando el vehículo no está en funcionamiento y para activar la turbina de aire fresco.

La activación de la turbina de aire fresco permite forzar la circulación de aire en el interior del habitáculo y con ello se consigue:

- Reducir la temperatura del habitáculo cuando el vehículo está estacionado con la incidencia del sol.
- Mejorar la efectividad del Climatronic, ya que se alcanza antes la temperatura seleccionada por el usuario.

Las condiciones necesarias para que se active el sistema son las siguientes:

- Encendido desconectado.
- Incidencia del sol en el techo.
- Techo cerrado.

saber más

El Toyota Prius es el vehículo híbrido más vendido en España. El nuevo Prius dispone como opción placas solares en el techo.

↑ **Figura 3.4.** Exeo con techo solar y placas solares (fuente SEAT)

Las placas solares también se emplean en prototipos de coches totalmente eléctricos (figura 3.5). Anualmente se celebra una carrera que recorre Australia con prototipos con placas solares.



↑ **Figura 3.5.** Prototipo de coche con placas solares totalmente eléctrico.

1.4. Magnético

Por inducción magnética sobre un conductor se genera corriente. Si desplazamos un conductor, al que se le ha unido un amperímetro, por el interior de un campo magnético, podemos comprobar cómo se genera una corriente (figura 3.6).

En los vehículos, el sistema magnético es el más empleado para generar la electricidad que se necesita para recargar la batería y alimentar los circuitos eléctricos.

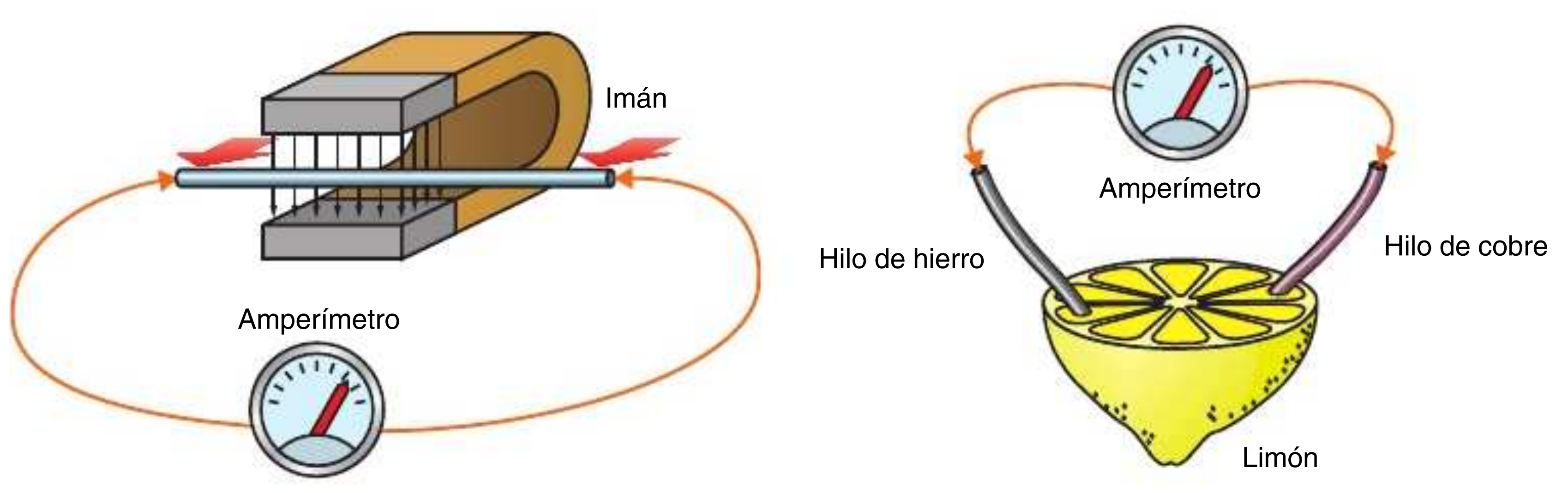
En las motocicletas de baja cilindrada que no tienen batería se emplea la magneto.

En los primeros automóviles, camiones, tractores etc. se montaba como generador de electricidad la dinamo. Actualmente la dinamo se ha sustituido por el alternador, más eficaz y ligero que la dinamo.

1.5. Químico

La reacción química de dos compuestos puede originar el desprendimiento de electrones y la circulación de corriente. Dos electrodos, uno de cobre y otro de hierro, insertados en un limón producen una corriente eléctrica (figura 3.7).

En automoción la generación de electricidad por métodos químicos se emplea en las baterías y pilas de combustible de hidrógeno.



↑ **Figura 3.6.** Generación de electricidad magnética.

↑ **Figura 3.7.** Generación de electricidad química.

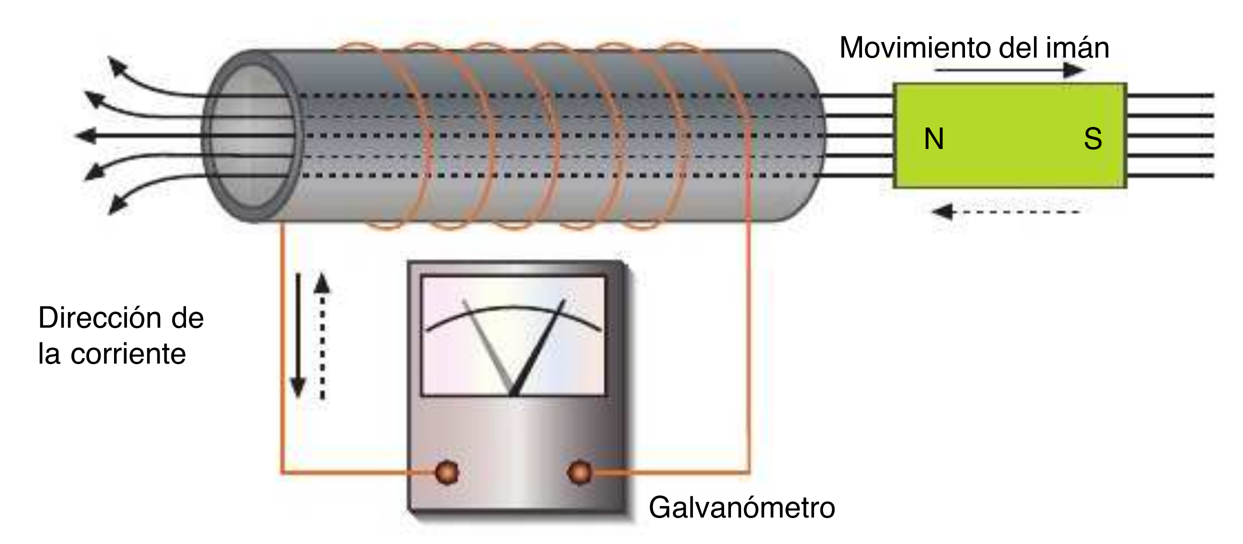
2. Principios básicos de la generación de la corriente eléctrica

En la unidad anterior hemos estudiado cómo se genera un flujo magnético por la acción de una corriente eléctrica que circula por una bobina. Faraday demostró que este fenómeno se produce igualmente al contrario; es decir, cuando un flujo magnético atraviesa una bobina, se genera en esta una corriente eléctrica. Este fenómeno se conoce como **inducción electromagnética.**

2.2. Factores que determinan la inducción electromagnética

Si colocamos un solenoide con sus dos extremos conectados a un galvanómetro (instrumento que se utiliza para medir el paso de corrientes muy pequeñas), como se muestra en la figura 3.8, al acercar o alejar un imán al solenoide, la aguja del galvanómetro se desviará en un sentido o en otro del punto de reposo.

Esto significa que se ha generado una fuerza electromotriz en el solenoide y circula por el interior de la bobina.



↑ **Figura 3.8.** Generación de corriente electromagnética.

Del estudio anterior podemos sacar las siguientes consecuencias:

- Al acercar el imán a la bobina, la aguja del galvanómetro se desviará en un sentido. Cuando el imán se aleja de la bobina, la aguja se desviará en el sentido contrario. Esto es debido a que se invierte el sentido de la fuerza electromotriz generada en la bobina.
- Si acercamos y retiramos el imán lentamente de la bobina, la aguja del galvanómetro se desplaza poco. Al contrario, si lo realizamos rápidamente, la desviación de la aguja será muy superior. En consecuencia será mayor la fuerza electromotriz generada cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento del imán.
- La aguja se desplazará más cuanto más potente sea el imán. Esta experiencia nos demuestra que será mayor la fuerza electromotriz inducida cuanto mayor sea el campo magnético.
- Como hemos visto, la aguja del galvanómetro se desplaza de la posición de reposo con el movimiento del imán respecto a la bobina. En el momento en que detenemos el imán, la aguja regresa a su posición de reposo. Esto indica que no se genera fuerza electromotriz si no hay variación de intensidad de campo magnético.

saber más

Corriente eléctrica inducida

Para que aparezca una corriente eléctrica inducida en un conductor, este tiene que estar en movimiento y cortar las líneas de flujo del campo.



- Los fenómenos estudiados anteriormente ocurren de forma análoga cuando se mueve la bobina respecto al imán.
- Dado que se genera una fuerza electromotriz en cada una de las espiras de la bobina, la fuerza electromotriz total aumentará si aumentamos el número de espiras.

2.3. Corriente electromagnética inducida en un conductor

Al mover un conductor en el seno de un campo magnético, este corta las líneas de flujo del campo y en consecuencia aparecerá una fuerza electromotriz inducida en el conductor.

La dirección y sentido de esta corriente depende de la dirección del movimiento y de la dirección del flujo cortado. Estas direcciones vienen dadas por la regla de de la mano derecha.

Regla de la mano derecha: colocando el dedo índice en dirección del flujo magnético y el dedo pulgar según el sentido del movimiento del conductor, la dirección de la corriente vendrá determinada por la dirección que nos indique el dedo corazón (las direcciones son perpendiculares entre sí).

2.4. Principio de un generador

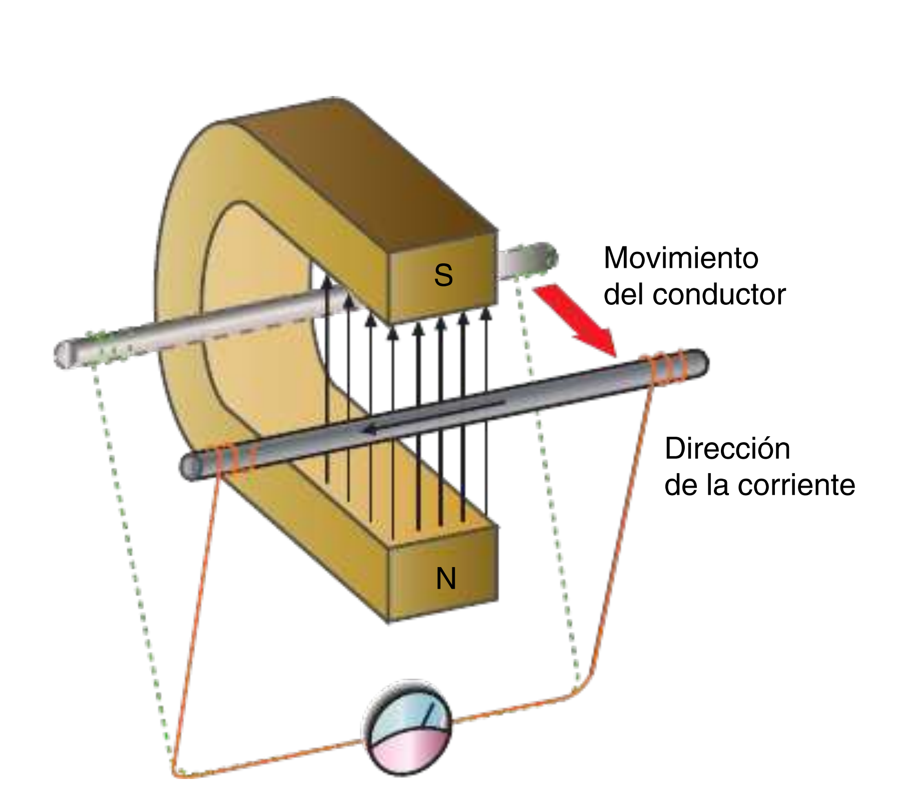
caso práctico inicial

Todos los vehículos disponen de generadores de corriente autónomos para alimentar sus circuitos eléctricos.

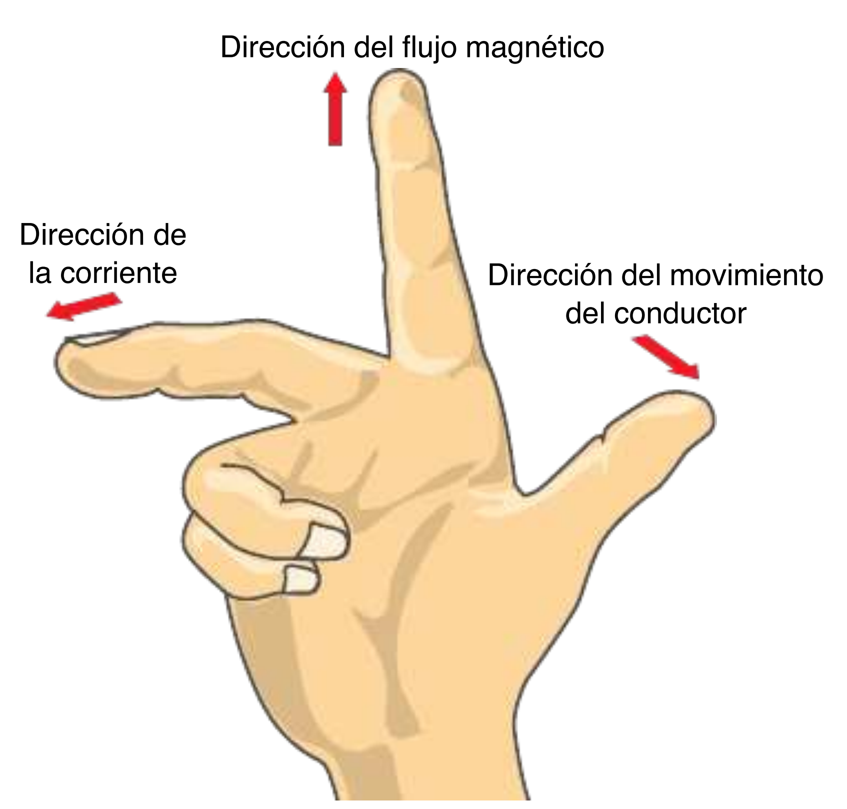
En los vehículos híbridos los generadores de corriente autónomos tienen más funciones.

Según las experiencias de Faraday, la fuerza electromotriz inducida, E, en un conductor depende del flujo cortado (aumenta E si aumenta el número de líneas de flujo cortadas) y del tiempo empleado en cortar este flujo (aumenta E si disminuye el tiempo empleado). Lo cual nos da la siguiente expresión:

$$E = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$$



↑ **Figura 3.9.** Fuerza electromotriz inducida.

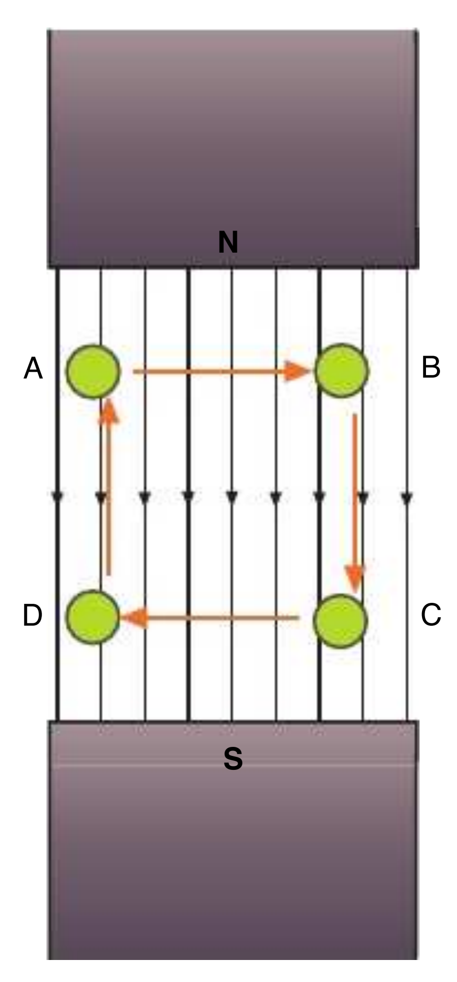


↑ **Figura 3.10.** Regla de la mano derecha.



En la figura 3.11, se representa, según un plano transversal, un conductor en el seno de un campo magnético. El conductor se mueve con una cierta velocidad de A a B, de B a C, de C a D, y de D nuevamente a A. Si observamos la figura veremos que, en los tramos A-B y C-D, el conductor corta las líneas de flujo y en consecuencia aparecerá una fuerza electromotriz, que denotaremos f.e.m., que según la regla de la mano derecha será de distinta dirección en cada tramo.

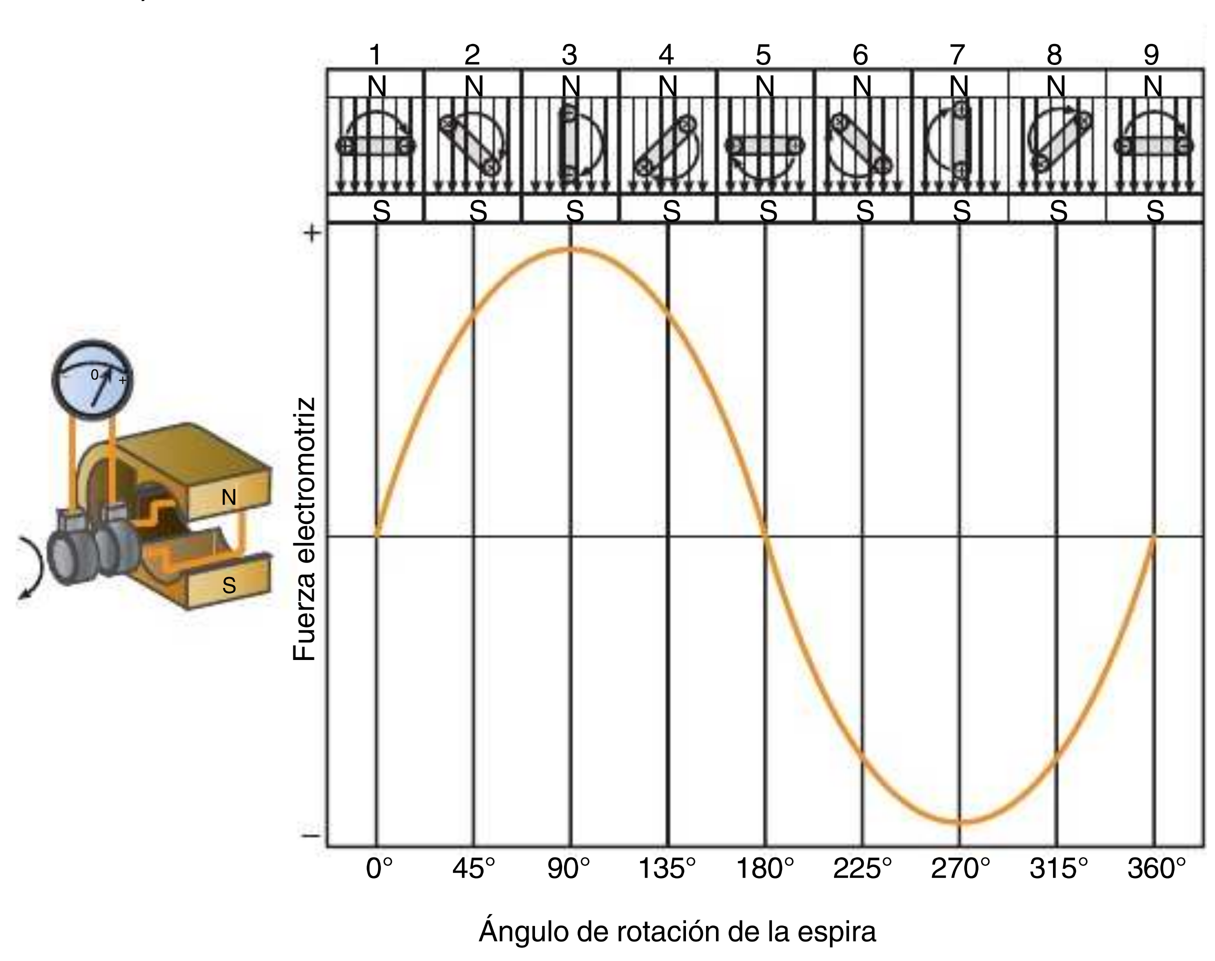
En los tramos B-C y D-A, el conductor no corta líneas de flujo y por tanto no se genera en él ninguna fuerza electromotriz.



↑ **Figura 3.11.** Principio de un generador.

2.5. Generador elemental

Un generador elemental está constituido por una espira cuadrada cuyos extremos están conectados a dos anillos que forman el colector, y a los cuales acoplamos unas escobillas (figura 3.12). Esta espira gira sobre su eje a una velocidad determinada y constante, dentro de un imán.



↑ **Figura 3.12.** Generación de una corriente alterna monofásica.

Al girar la espira aparecerá en ella una fuerza electromotriz, *E*, que a lo largo de una vuelta va cambiando de magnitud y sentido. Descompongamos el movimiento a lo largo de una vuelta (360°) en ocho fases de 45° cada una, según la figura y estudiemos lo que ocurre en cada fase:

- En el punto 0°, origen del movimiento (fase 1), *E* valdrá 0 al no cortar línea de flujo alguna.
- En la fase 2, *E* va aumentando conforme va cortando más líneas de flujo por unidad de tiempo. La gráfica será senoidal positiva y creciente.
- En la fase 3, el conductor se aproxima a los 90° y es en esta zona donde se cortan más líneas de flujo por unidad de tiempo y en consecuencia el valor de la fuerza electromotriz *E* será máximo.

- En la fase 4, el conductor se aleja del máximo y *E* irá disminuyendo de la misma forma que aumentó en las fases primeras. La gráfica será senoidal positiva y decreciente.
- En la fase 5, *E* continuará disminuyendo hasta anularse al pasar el conductor por los 180°.
- En el resto de las fases el proceso se repite hasta llegar a los 360°. La curva representada será senoidal negativa y por tanto se trazará por debajo del eje de coordenadas.

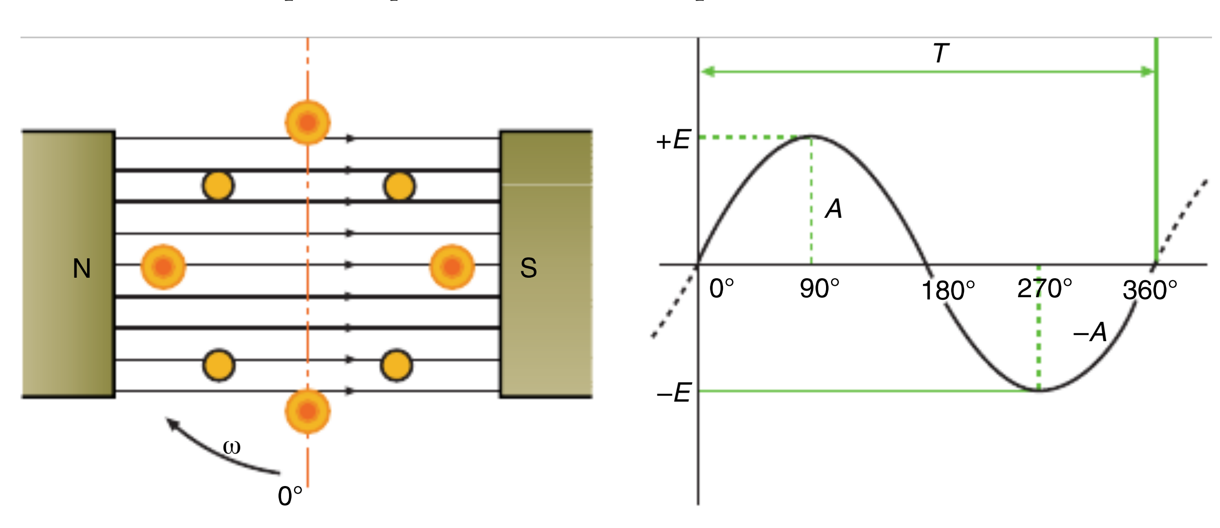
La gráfica representada corresponde a una corriente alterna (por cambiar de signo cada 180°) monofásica (al tener un solo bobinado de una espira o fase).

Características de la corriente alterna monofásica

La gráfica representada en la figura 3.12 es una función senoidal, esto significa que sus puntos son valores que toma la función seno. Esta función se repite cada vuelta del conductor, por lo que la denominamos periódica.

caso práctico inicial

La corriente empleada en los motores de los coches eléctricos e híbridos que Manuel piensa probar, se alimenta con corriente alterna.



↑ **Figura 3.13.** Función senoidal.

Veamos en la figura 3.13 las características más importantes de este tipo de funciones:

- **Periodo *T*:** se define periodo, como el tiempo en realizarse un ciclo completo.
- **Amplitud *A*:** es el intervalo de valores que puede tomar la función. En nuestro caso varía entre +*E* y –*E* pasando por 0V.
- **Frecuencia *f*:** número de ciclos completos que se producen por segundo
- $f = 1 / T$ (la frecuencia es la inversa del período).
- **Pulsación ω:** representa la frecuencia angular:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

3. Leyes y fenómenos de autoinducción

3.1. Autoinducción y ley de Lenz

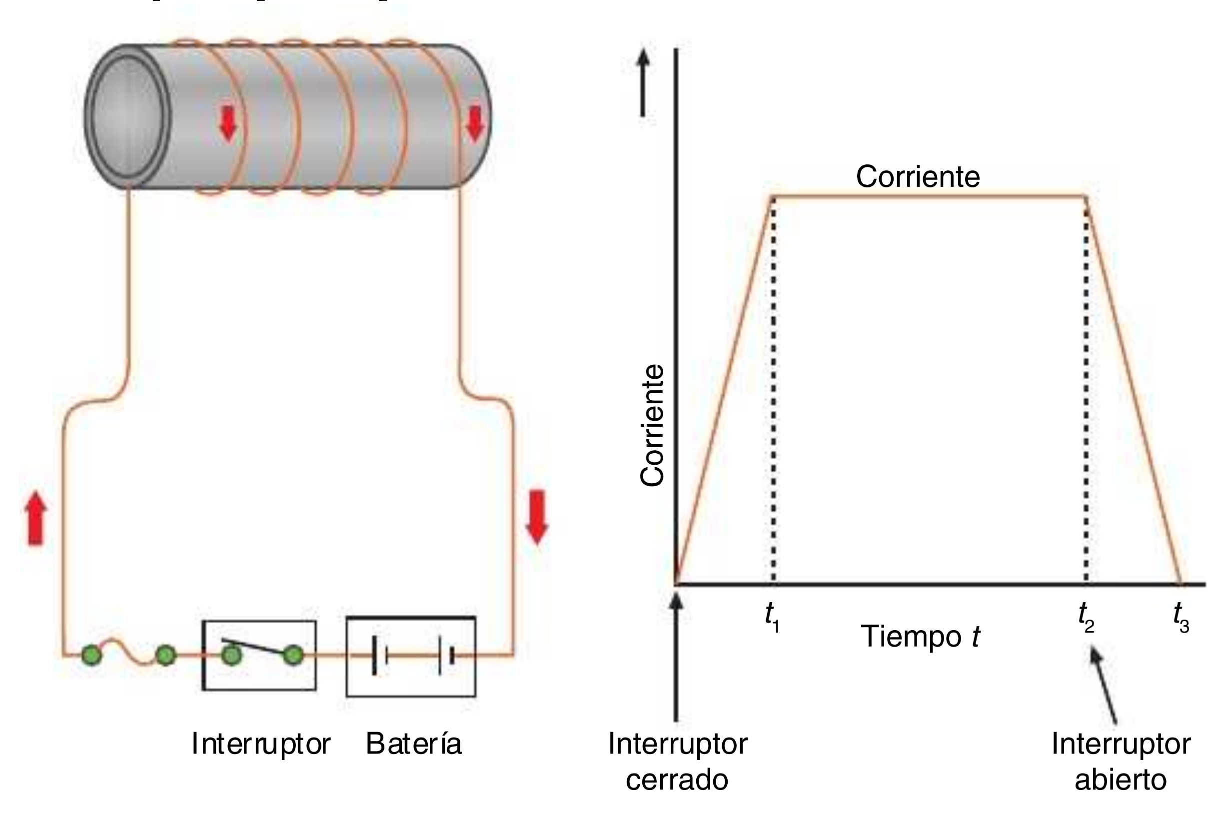
En apartados anteriores se estudió que al pasar una corriente *I*, por una bobina esta crea un flujo *F*; y por otra parte que si sometemos una bobina a un flujo variable se crea en ella una f.e.m. inducida.



Si tomamos una bobina y hacemos que la recorra una corriente de valor I, como en la figura 3.14, vemos que la corriente no alcanza su valor máximo de inmediato al cerrar el interruptor debido a que la corriente, al comenzar a circular por la bobina, crea una variación de flujo y esta variación de flujo a su vez crea una f.e.m. inducida, que se opone a la producida por la batería. Según la ley de Lenz, los efectos se oponen a las causas que los producen. Este fenómeno se conoce como **autoinducción.**

Si continuamos observando, vemos en la gráfica que, una vez que se alcanza el valor máximo de I, esta permanece constante y por tanto no se crea ninguna f.e.m. autoinducida.

Al abrir el interruptor la corriente trata de desaparecer y por tanto también el flujo creado; en consecuencia habrá nuevamente una f.e.m. autoinducida que trata de oponerse a la desaparición de este flujo. Esta f.e.m. tendrá ahora la misma dirección que la aportada por la batería.



↑ **Figura 3.14.** Fenómeno de autoinducción.

3.2. Medida de la f.e.m. autoinducida

La f.e.m. autoinducida es proporcional a la variación de intensidad en la bobina respecto del tiempo en producirse y a un coeficiente, L, que se denomina inductividad y depende de las características de la bobina (número de espiras, forma de estas, longitud del conductor, coeficiente de permeabilidad magnética, material del núcleo, condiciones de trabajo, etc.). Este coeficiente se mide en henrios (H).

La f.e.m. autoinducida tendrá la expresión:

$$E_{auto} = -L \frac{I}{t}$$

La fórmula anterior nos indica que «la fuerza electromotriz de autoinducción es directamente proporcional al coeficiente de autoinducción, y a la variación de la intensidad de la corriente en la unidad de tiempo».

saber más

Henrio

Es la autoinducción de un circuito en el que al variar, durante un segundo, la intensidad de la corriente que lo atraviesa en un amperio se induce en él una f.e.m. de 1 voltio.



3.3. Inducción mutua

Coloquemos dos bobinas una al lado de la otra (generalmente se colocan una sobre la otra: transformadores, bobina de encendido, etc.), según muestra la figura 3.15. La bobina A la conectamos a una batería formando un circuito primario; a la vez conectamos la bobina B a un galvanómetro.

Al cerrar el interruptor del circuito, circula por la bobina A una corriente, creando un flujo magnético que también atravesará la bobina B por su proximidad, originando en la bobina B una f.e.m. inducida de sentido contrario a la de la batería, cumpliendo la ley de Lenz.

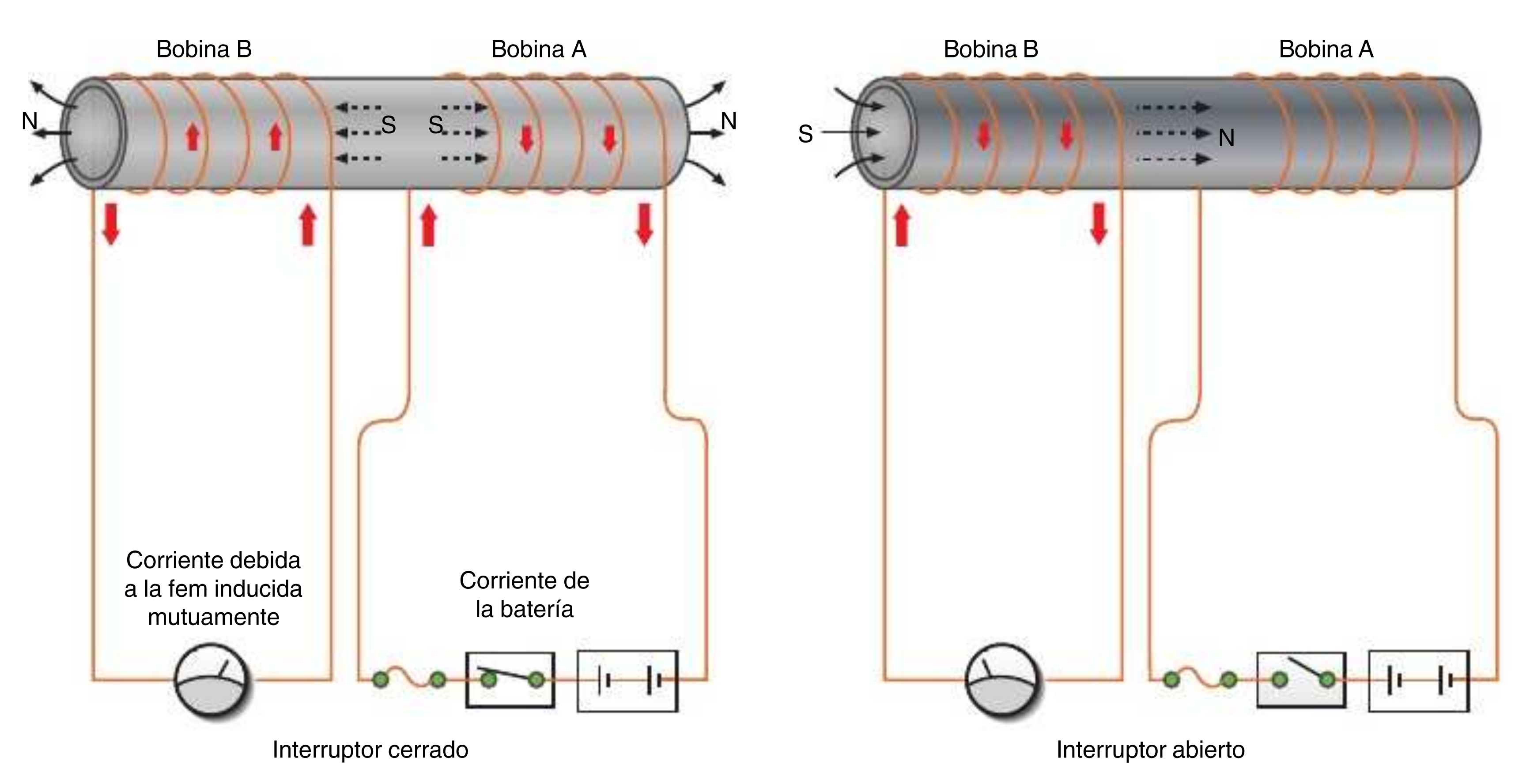
Al abrir de nuevo el interruptor, deja de pasar corriente por la bobina A y tiende a desaparecer el flujo creado por esta corriente, apareciendo nuevamente en la bobina B una f.e.m., que será ahora de la misma dirección que la f.e.m. generada por la batería, al oponerse a la desaparición del flujo, como se muestra en la figura 3.16. A este fenómeno se le denomina inducción mutua.

La magnitud de la inducción mutua depende de los siguientes factores.

- Número de vueltas de cada bobina, porque siendo mayor el número de vueltas, mayor es la f.e.m. inducida y, como consecuencia, mayor será la inducción mutua para un mismo cambio de corriente y la misma velocidad en el cambio.
- Posición relativa de las bobinas. Colocando dos bobinas (la primaria y la secundaria) enfrentadas, la inducción mutua será mayor cuanto más cercanas estén dichas bobinas.

Señalaremos que, colocando las dos bobinas con sus ejes perpendiculares entre sí, no se induce corriente en el secundario. Esto es debido a que las espiras del secundario son paralelas al flujo del primario.

El principio de inducción mutua se utiliza en el funcionamiento de la bobina de encendido de los automóviles y los transformadores en general.



↑ **Figura 3.15.** f.e.m. inducida.

↑ **Figura 3.16.** Inducción mutua.



4. Acción electroquímica de la corriente. Electrólisis

Electrólisis procede de *electro* que hace referencia a electricidad y *lisis* que quiere decir «rotura».

La electrólisis es un método de separación de los elementos que forman un compuesto aplicando electricidad: se produce la descomposición en iones, seguido de reacciones secundarias como formación de gases.

Existen disoluciones de sales, ácidos o bases que permiten el paso de la corriente eléctrica, es decir, son conductoras. Se denominan electrólitos.

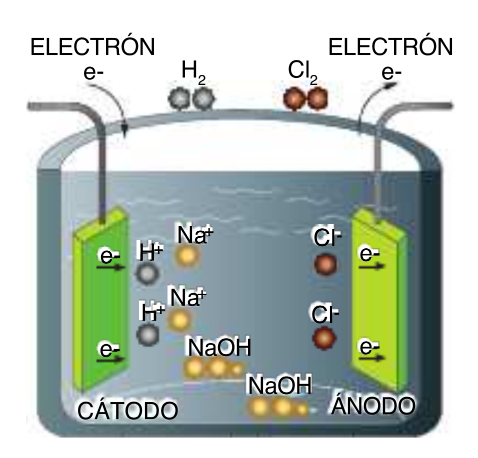
Colocamos en una cuba una solución de cloruro sódico, NaC1, en agua, e introducimos dos placas metálicas conectadas mediante cables a una batería según muestra la figura 3.17. Al cerrar el interruptor, pasará corriente a través del electrólito descomponiéndose en iones, que reaccionarán químicamente con las placas. Los iones de cloro (Cl^-) emigran hacia la placa positiva denominada ánodo, y los iones de sodio (Na^+) hacia la placa negativa o cátodo.

Los iones (Cl^-) liberan electrones en el ánodo formándose gas de cloro, mientras el agua se descompone alrededor del cátodo liberando iones H^+ (por la acción de los electrones) formándose gas de hidrógeno. Los iones de sodio pasan a formar hidróxido de sodio (NaOH) en el electrólito.

En la electrólisis se fundamenta el proceso de trabajo de las baterías de plomo empleadas en los vehículos para el arranque y alimentación de sus circuitos.

Las baterías de plomo son pesadas y no tienen capacidad suficiente para alimentar un motor eléctrico de un vehículo híbrido o eléctrico.

En los vehículos híbridos y eléctricos se emplean baterías de hidruro metálico níquel y de Ion-litio.



↑ **Figura 3.17.** Fenómeno de la electrólisis.

saber más

El litio es el metal más ligero y esto da lugar a una alta capacidad específica lo que permite obtener la misma energía con un peso muy inferior.

4.1. Proceso de carga y descarga en baterías de hidruro metálico níquel

Al cargar la batería de hidruro metálico se realiza electrólisis de agua que da como resultado hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se almacena en forma de un hidruro metálico, mientras que el oxígeno se combina con hidróxidos de níquel.

En el proceso de descarga los hidruros metálicos devuelven el hidrógeno almacenado que se combina con parte del oxígeno del hidróxido para de nuevo formar agua. Como electrólito se emplea una disolución de hidróxido potásico en agua.

El material en que se almacena el hidrógeno es un compuesto intermetálico, que tiene la particularidad de absorber hidrógeno cuando aumenta su presión y de devolverlo cuando esta baja.

El modelo híbrido Prius, de Toyota, va equipado con baterías de hidruro metálico níquel con una tensión nominal de 201 V, capacidad (6,5 Ah/1,31 kWh y potencia máxima de 27 kW).

seguridad

Seguridad medioambiental

Los materiales que componen las baterías de litio no representan un problema de posible contaminación ambiental como las de plomo o cadmio.

4.2. Funcionamiento de las baterías de ion-litio

En los primeros prototipos de baterías de litio, el electrodo positivo (cátodo) era normalmente un óxido o sulfuro metálico con la capacidad de ceder y aceptar iones litio en los procesos de descarga y carga de la batería de un modo reversible; el electrodo negativo (ánodo) en estos primeros sistemas estaba constituido por litio metálico que debía sufrir procesos igualmente reversibles de disolución durante la descarga y deposición durante la recarga.

En las baterías de ion-litio el ánodo no está formado por litio metálico sino por otro material más seguro, como el grafito, capaz de aceptar (o almacenar) iones de litio en una forma menos reactiva que la del litio metálico, sin un notable detrimento de su densidad energética.

saber más

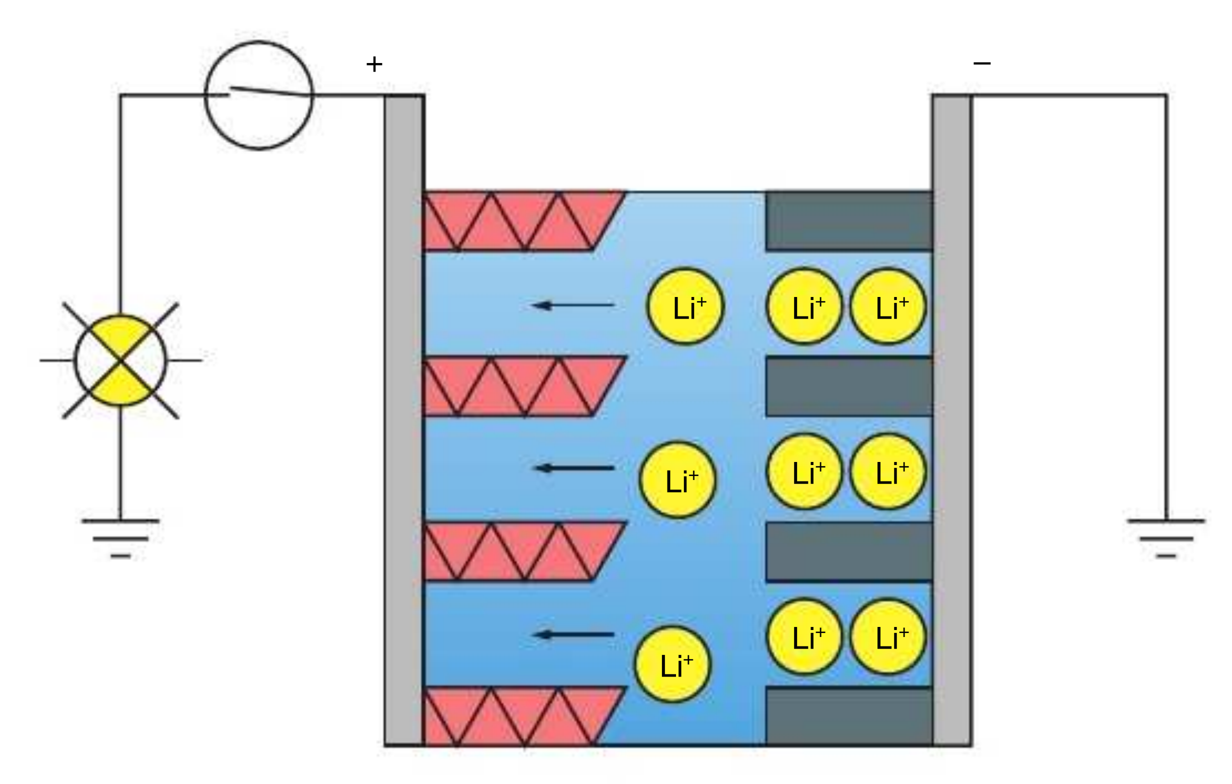
Vehículos híbridos

Las baterías recargables de ion-litio empiezan a montarse en los modelos híbridos, Mercedes la monta en el S 400 blueHIBRID, con electrólitos poliméricos y ánodos de grafito altamente densificados y con poca superficie para minimizar los fenómenos de pasivación.

Durante la descarga

Los iones litio pasan espontáneamente del electrodo negativo al electrólito y de este al electrodo positivo. El electrólito permite el paso de iones pero no de electrones. Al mismo tiempo, los electrones fluyen espontáneamente del electrodo negativo al positivo a través del único camino que les queda libre, el circuito eléctrico que provoca la descarga.

A medida que avanza la descarga, el potencial de cada electrodo cambia de forma que su diferencia disminuye y cae por tanto el voltaje de la celda a medida que sacamos carga eléctrica (Q) de la batería.



↑ **Figura 3.18.** Proceso de descarga de una batería de Ion-litio.

Durante la carga

Bombeamos electrones en el electrodo negativo y los extraemos del positivo. Hacemos por tanto el electrodo negativo más negativo y el positivo más positivo y aumentamos así la diferencia de potencial entre ellos, o, lo que es lo mismo, el voltaje de la celda.

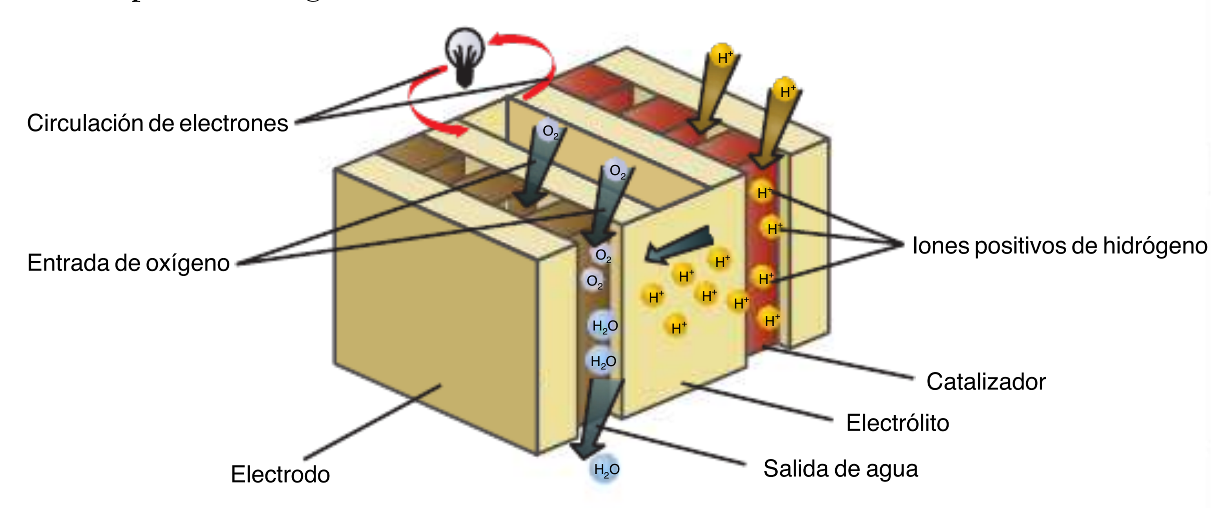
Este proceso fuerza también a los iones litio a salir del electrodo positivo y a intercalarse en el negativo.

5. Pilas de combustible

caso práctico inicial

La pila de combustible es una alternativa que están probando la mayoría de fabricantes para montarla en sus modelos híbridos.

Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que convierten la energía química de reacción directamente en energía eléctrica (figura 3.19). Se pueden emplear en cargar las baterías de un vehículo eléctrico.



↑ **Figura 3.19.** Pila de combustible.

Las pilas de combustible tienen la capacidad de producir energía eléctrica de forma indefinida mientras se suministra combustible y oxidante a los electrodos. Solo la degradación o el mal funcionamiento de los componentes limitan la vida de operación práctica de la pilas de combustible.

El principio de funcionamiento de las pilas de combustible se basa en que el único producto utilizado es el vapor de agua, que puede ser liberado a la atmósfera sin ningún peligro para el medio ambiente.

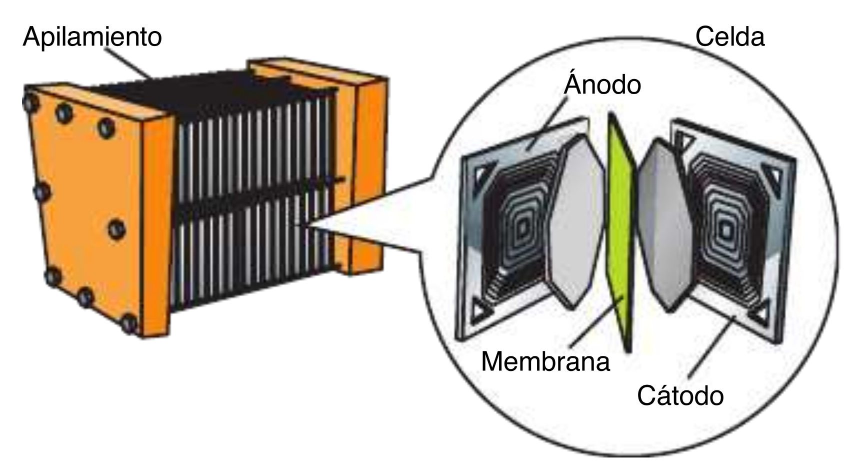
Pueden emplearse como combustibles el hidrógeno, metano, etc.

Principio de funcionamiento de una celda de combustible

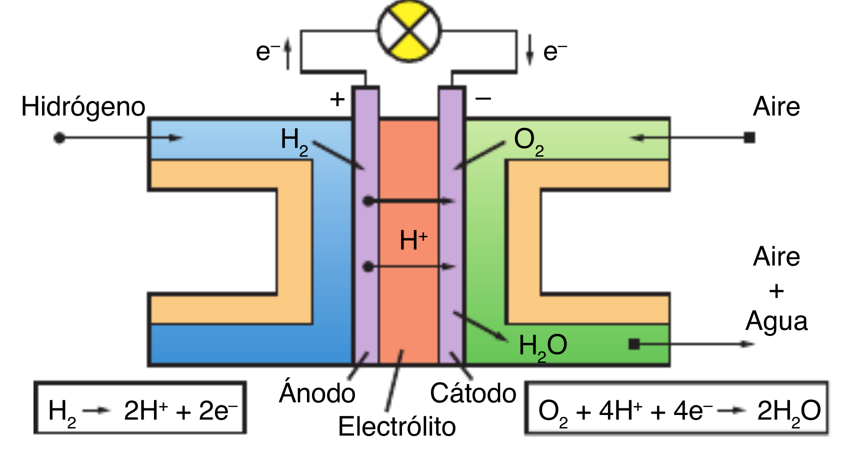
La unidad básica de una pila de combustible se denomina **monocelda.**

Una celda (figura 3.20) está formada por una pareja de electrodos porosos con una lámina de electrólito entre ambos.

El hidrógeno (H_2) penetra por el electrodo positivo (ánodo) y se disocia, en presencia del catalizador, en iones positivos H+ y electrones. El oxígeno (O_2) procedente del aire penetra por el electrodo opuesto (cátodo) y se disocia igualmente en presencia del catalizador en iones O_2^-. Los iones positivos del hidrógeno se escapan a través del electrólito en dirección al cátodo, dejando a los electrones libres en el ánodo (figura 3.21).



↑ **Figura 3.20.** Acoplamiento de celdas.



↑ **Figura 3.21.** Funcionamiento básico de la pila de combustible con hidrógeno.



Si cerramos el circuito entre el ánodo y el cátodo los electrones lo recorrerán, produciendo corriente eléctrica. En el cátodo los iones hidrógeno, el oxígeno y los electrones se vuelven a combinar para formar moléculas de agua.

Además de esta energía eléctrica se produce un importante desprendimiento de energía térmica en forma de calor.

Una celda de combustible produce una diferencia de potencial algo mayor que un voltio en circuito abierto, por lo que, para producir tensiones más elevadas, se recurre a la disposición en serie de celdas formando un apilamiento. Este apilamiento forma la pila de combustible.

Existen diversos tipos de pilas de combustible, clasificadas de acuerdo con el electrólito empleado y su temperatura de trabajo. Las más adecuadas para aplicación en tracción eléctrica de vehículos son las pilas de electrólito polimérico, también conocidas como de membrana intercambiadora de protones (PEM según sus siglas en inglés).

Como su nombre indica, el electrólito de estas pilas poliméricas está constituido por una membrana de un polímero especial, conductor de protones ($H+$). Actualmente el polímero más utilizado para el desarrollo de este tipo de pilas es el nafion.

La mayoría de grandes fabricantes de vehículos están investigando en el desarrollo de la pila de combustible como fuente generadora de electricidad para sus modelos ecológicos.

El Honda FCX Clarity y el HydroGen4 de GM son dos vehículos representativos de la incorporación de la pila de combustible en los automóviles ecológicos.

saber más

Polarización de las pilas

Cuando la corriente eléctrica lleva recorriendo un cierto tiempo por el interior de una pila, se reduce el valor de la intensidad. Esto es consecuencia de un fenómeno desarrollado en el electrólito llamado polarización de la pila. Está comprobado que es la acumulación de hidrógeno gaseoso la causa de la polarización de las pilas.

MAGNITUDES Y UNIDADES EMPLEADAS EN LA UNIDAD				
Magnitud	**Símbolo**	**Fórmula**	**Unidades**	**Símbolo**
Fuerza electromotriz inducida	E	$E = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$	Voltio	V
Autoinducción	L	$L = \frac{\Phi}{t}$	Henrio	H
Fuerza electromotriz autoinducida	E_{auto}	$E_{auto} = -L\frac{I}{t}$	Voltio	V
Período	T	___	segundo	s
Frecuencia	f	$1/T$	Hercio	Hz
Pulsación	ω	$2 \cdot \pi \cdot f$	Radianes por segundo	rad/s

↑ **Tabla 3.1.**

EJEMPLOS

- Calcular la f.e.m. autoinducida en una bobina, cuyo coeficiente de autoinducción es de L = 0,12 henrios, cuando, al cerrar el circuito, la intensidad de la corriente pasó de cero amperios a 5,5 amperios en un tiempo de 0,0045 segundos.

Solución:

$$E_{auto} = -L\,\frac{I}{t} = -0{,}12\ \text{H}\,\frac{5{,}5\ \text{A}}{0{,}0045\ \text{s}} = 146{,}6\ \text{V}$$

- Una bobina formada por 180 espiras en su circuito primario y 28.000 en el secundario induce un campo magnético, durante el tiempo de cierre, de 0,0025 weber, siendo el tiempo de apertura del circuito de 0,002 segundos. Calcular las f.e.m. inducidas en ambos arrollamientos y la relación de transformación.

Solución:

F.e.m. inducida en el arrollamiento primario

$$E_1 = \frac{\Phi \cdot N_1}{t} = \frac{0{,}0025 \cdot 180}{0{,}002} = 225\ \text{V}$$

F.e.m. inducida en el arrollamiento secundario

$$E_2 = \frac{\Phi \cdot N_2}{t} = \frac{0{,}0025 \cdot 28.000}{0{,}002} = 35.000\ \text{V}$$

Siendo la relación de transformación:

$$R_b = \frac{N_1}{N_2} = \frac{180}{28.000} = \frac{1}{155{,}55}$$

Con lo cual la tensión en el secundario se puede calcular por:

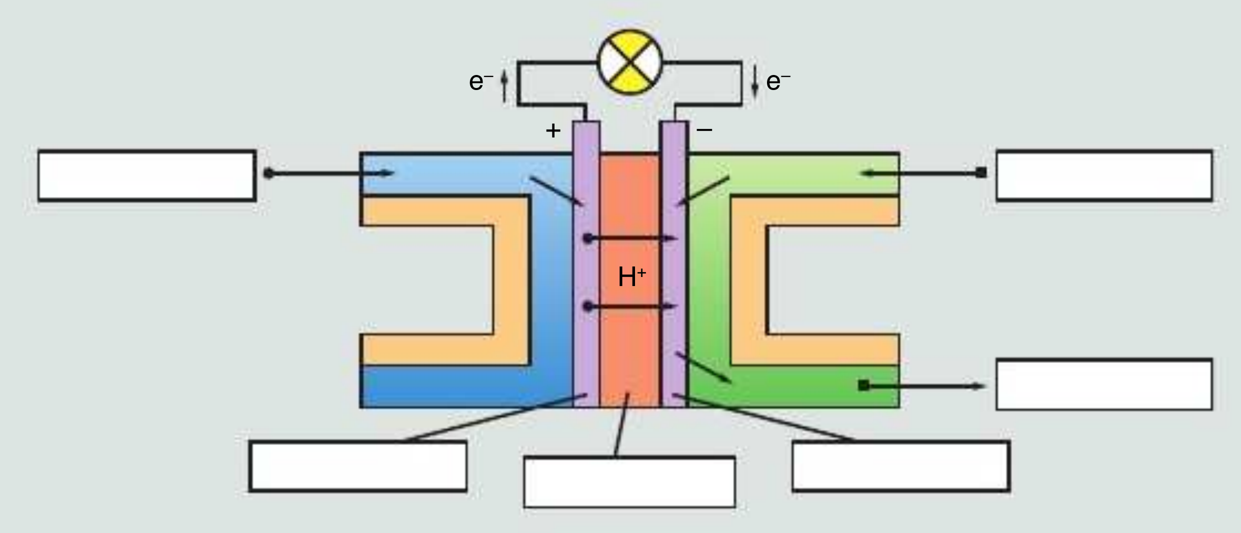
$$E_2 = E_1 \cdot \frac{1}{R_b} = 225 \cdot 155{,}55 = 28.000\ \text{V}$$

ACTIVIDADES

1. Busca información técnica sobre los vehículos híbridos y eléctricos que los fabricantes empiezan a comercializar.
2. Realiza una clasificación según el tipo de energía que emplean, el sistema de carga o regeneración y la autonomía.

ACTIVIDADES FINALES

1. Explica el principio de generación de corriente con el sistema piezoeléctrico e indica qué piezas montan este sistema en los automóviles.
2. Explica el principio de generación de corriente con el sistema fotoeléctrico y la aplicación en los vehículos.
3. Explica el principio de generación de corriente con procesos químicos y su aplicación en los vehículos.
4. ¿En qué fenómeno se basa la inducción electromagnética?
5. Colocamos un galvanómetro en los extremos de una bobina, acercamos y alejamos un imán a la bobina, ¿qué le ocurre a la aguja del galvanómetro?
6. ¿A qué se debe el fenómeno de la anterior pregunta?
7. Factores de los que depende la f.e.m. inducida.
8. Dibuja un conductor en el seno de un campo magnético y determina el sentido de la corriente, aplicando la regla de la mano derecha.
9. ¿Qué sentido tendrá la corriente en un conductor que se mueve paralelo a las líneas de flujo?
10. Enuncia la ley de Lenz.
11. ¿Qué diferencias encuentras entre las pilas de combustible y las convencionales?
12. ¿Cuál es la unidad básica de una pila de combustible? ¿Cómo se forma la pila?
13. Explica el principio de funcionamiento de una pila de combustible con hidrógeno.
14. Copia en tu cuaderno el esquema de funcionamiento de la pila de hidrógeno de la figura 3.22 y señala lo siguiente:
    - La entrada de hidrógeno.
    - La entrada de aire.
    - La salida del agua y aire.
    - El cátodo.
    - El ánodo.
    - El electrólito.



↑ **Figura 3.22.**



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. El henrio es la unidad de…

a) Frecuencia.
b) Inductividad.
c) Pulsación.
d) Período.

2. El hercio es la unidad de…

a) Frecuencia.
b) Inductividad.
c) Pulsación.
d) Período.

3. Si colocamos dos bobinas (la primaria y la secundaria) con sus ejes perpendiculares entre sí, ¿se induce corriente en el arrollamiento secundario?

a) Sí.
b) No, salvo que la relación entre sus espiras no sobrepase un determinado valor.
c) No.
d) Depende de los valores de tensión.

4. ¿Cuál es la causa de la polarización de las pilas?

a) El exceso de temperatura.
b) El exceso de intensidad de corriente.
c) La humedad.
d) La acumulación de hidrógeno gaseoso.

5. Según la regla de la mano derecha, ¿qué nos indica el dedo pulgar?

a) La dirección del movimiento del conductor.
b) No indica nada.
c) La dirección del flujo magnético.
d) La dirección de la corriente.

6. ¿A qué llamamos periodo?

a) Al tiempo en que se realiza un ciclo completo.
b) Al número de ciclos completos que se producen por segundo.
c) A la distancia que hay de pico a pico en una señal eléctrica.
d) A la frecuencia angular.

7. ¿A qué llamamos frecuencia?

a) Al tiempo en que se realiza un ciclo completo.
b) Al número de ciclos completos que se producen por segundo.
c) A la distancia que hay de pico a pico en una señal eléctrica.
d) Al tiempo en realizarse dos ciclos completos.

8. Sabemos que la frecuencia de la red doméstica es 50 Hz, ¿cuánto tiempo durará un ciclo?

a) 50 segundos.
b) 0,020 segundos.
c) 25 segundos.
d) 100 segundos.

9. ¿En qué se fundamenta el proceso de trabajo de las baterías?

a) En la inducción mutua.
b) En los fenómenos de autoinducción.
c) En la electrólisis.
d) Ninguna de las tres anteriores

10. ¿Es posible que se genere fuerza electromotriz si no hay variación de intensidad de campo magnético?

a) Depende del material.
b) Si hay suficientes líneas de fuerza, sí.
c) Sí.
d) No.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Polímetro digital

MATERIAL

- Bobina
- Imán

Generación de corriente inducida

OBJETIVOS

Demostrar de forma real la generación de corriente eléctrica inducida.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Ninguna en especial.

DESARROLLO

1. Tenemos que demostrar que si sometemos una bobina a un campo magnético variable se producirá en esta una corriente eléctrica que denominamos corriente inducida.
2. La figura 3.23 nos muestra la bobina, el imán y el polímetro, que son los componentes necesarios para realizar la práctica.
3. Para realizar el experimento, lo único que debemos hacer es colocar muy próximos la bobina y el imán y mover uno con respecto al otro.

   De esta forma, la bobina se verá sometida a la influencia del campo magnético del imán en mayor o menor medida dependiendo de la posición del imán en cada instante. Vamos a hacerlo de forma que la bobina permanezca inmóvil y sea el imán el que movemos delante de esta y muy próxima a ella con movimientos de vaivén.



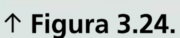
↑ **Figura 3.23.** Polímetro, bobina e imán permanente.

4. Colocamos la escala del polímetro en 200 mV y lo conectamos a los extremos de la bobina. A continuación, movemos el imán por delante de la bobina y comprobamos que el polímetro marca un valor de mV, lo que demuestra que se produce una corriente eléctrica en la bobina.

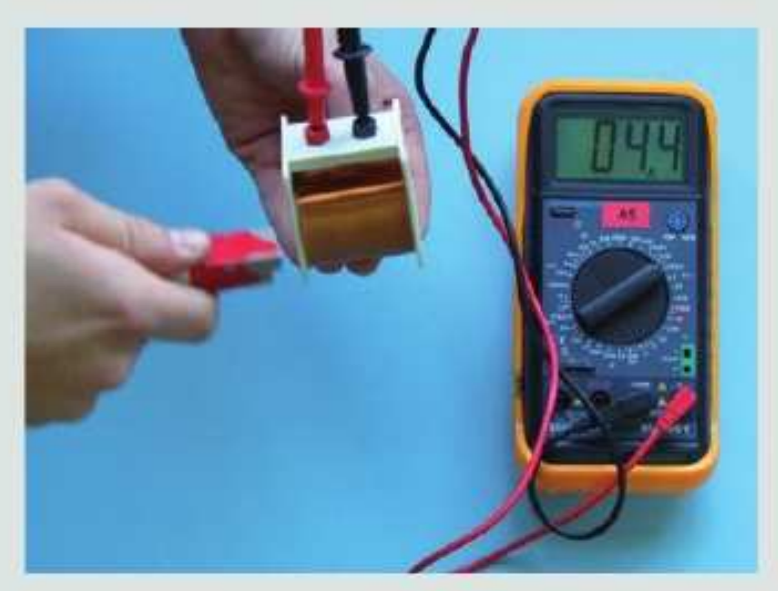
   En la figura 3.24 vemos la posición en que el imán baja y se acerca a la bobina: el polímetro indica un valor de mV negativo.

   En la figura 3.25 vemos la posición en que el imán baja más y se aleja de la bobina: el polímetro indica un valor de mV positivo.





↑ **Figura 3.24.**



↑ **Figura 3.25.**

Proceso de carga de una batería de plomo y ácido

HERRAMIENTAS

- Polímetro

MATERIAL

- Un relé
- Cables con conectores
- Batería y lámpara

OBJETIVOS

Conocer cómo se realiza el proceso de carga y manejar los equipos.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Protegerse las manos del ácido, empleando los EPI.
- Quitar los tapones de los vasos para la salida de gases.
- Desconectar el borne negativo para realizar la carga con la batería desconectada del vehículo.

DESARROLLO

1. Quitar los protectores de la batería para poder acceder a los bornes y vasos.
2. Aflojar y extraer los tapones de los vasos.
3. Aflojar el tornillo del borne negativo y quitar el borne (figura 3.26).
4. Colocar las pinzas del cargador, negativo con negativo y positivo con positivo (figura.3.27)



↑ **Figura 3.26.** Aflojar el tornillo y quitar el borne negativo.



↑ **Figura 3.27.** Colocar las pinzas.

5. Seleccionar en el cargador la intensidad de carga de la batería, normalmente se selecciona carga lenta y el 10% de su capacidad, por ejemplo una batería de 45 A/h. se puede cargar con una intensidad de 4,5 A (figura 3.28).
6. Una vez cargada, la intensidad cae a casi a cero amperios, montar los bornes y limpiar bien los restos de ácido (figura 3.29).



↑ **Figura 3.28.** Selección de carga lenta.



↑ **Figura 3.29.** Limpiar bien los restos de ácido.

MUNDO TÉCNICO

Carreras de cero emisiones en Alcañiz

Llegan a Alcañiz segundos en el ranquin internacional y dispuestos a poner a prueba su tecnología en su estreno en España. El equipo universitario UnizarTecH2 competirá el próximo jueves con su kart de hidrógeno ‘made in Aragón’ en el circuito turolense de Motorland. En su presentación en una pista nacional exhibirá su vehículo, único en el país y del que solo existen otros cinco en el mundo (en Inglaterra, Holanda, Bélgica y dos en EE. UU.). El prototipo, que tiene una nula emisión de contaminantes, pesa 273 kilos y tiene 32 CV de potencia que le permiten alcanzar los 135 kilómetros por hora y acelerar de 0 a 100 en menos de 7 segundos.

Jaime Latapia será el piloto encargado de correr en Alcañiz contra el Imperial College de Londres, la Universidad de Delf de Holanda y la belga Groep T de Lovaina. Esta última es la principal rival del equipo aragonés y encabeza el campeonato Fórmula Zero, una competición internacional de equipos universitarios de karts propulsados por hidrógeno y pila de combustible en la que se fusionan diseño, ingeniería, fabricación sostenible y velocidad.

Para que el kart aragonés pueda presentarse en la pista de Alcañiz se ha necesitado más de un año de trabajo en el que han participado investigadores de la Universidad de Zaragoza, la Fundación Hidrógeno, el CIRCE, la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia, la empresa Inycom (Instrumentación y Componentes), el Team Elías y la Universidad San Jorge. El prototipo llega rodado tras haber competido ya en Inglaterra, Holanda y Bélgica y el equipo espera dar su mejor imagen ahora que el campeonato transcurre en casa. «Aspiramos a seguir en los primeros puestos y, sobre todo, a que a través de una actividad lúdica el público general conozca el potencial del hidrógeno y su uso en los vehículos», explica el jefe del equipo y técnico de la Fundación del Hidrógeno, Joaquín Mora.

El mecanismo paso a paso

Pero, ¿cómo se consigue que un kart funcione con ese compuesto químico? Al prototipo se le instala una pila de combustible a la que se alimenta con hidrógeno. Este se mezcla con el aire y produce una reacción que genera agua. En ese proceso se crea la electricidad necesaria para que el coche pueda moverse. «Es como si fuera un kart eléctrico, pero en lugar de llevar pesadas baterías, tiene unas más ligeras, con más autonomía y que se ‘recargan’ con hidrógeno», comenta Mora.

Heraldo.es



↑ **Figura 3.30.** Kart con pila de combustible (unizartech).

EN **RESUMEN**

- **GENERACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA**
  - **TÉRMICA**
  - **PIEZOELÉCTRICA**
  - **FOTOELÉCTRICA**
    - **Placas solares**
  - **MAGNÉTICA**
    - **INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA**
      - **PRINCIPIO DE UN GENERADOR**
        - **Generador elemental**
          - Alternadores
      - **AUTOINDUCCIÓN**
        - **Inducción mutua**
          - Bobina de encendido
  - **QUÍMICA**

- **QUÍMICA Y ELECTRICIDAD**
  - **ACCIÓN DE LA CORRIENTE**
    - **Electrólisis**
  - **GENERACIÓN DE CORRIENTE**
    - **Pilas de combustible**

entra en internet

- 1. En las páginas web de los fabricantes encontrarás información sobre los modelos híbridos y eléctricos.
- 2. Busca información sobre el proyecto HELIOS.
- 3. Puedes ver en qué consiste la carrera de coches solares que recorre Australia *World Solar Challenge* (WSC) en su página web.

4 Componentes eléctricos y electrónicos básicos

vamos a conocer...

1. La electrónica
2. Componentes electrónicos pasivos
3. Componentes electrónicos activos
4. Tipos de circuitos electrónicos
5. Captadores y generadores de señales

PRÁCTICA PROFESIONAL

Realización de un circuito con lámpara comandada por un potenciómetro

Comprobar con un polímetro un captador de temperatura del motor (resistencia NTC) y cambiarlo

MUNDO TÉCNICO

El proyecto Connected Car

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás la importancia de la electrónica en los vehículos actuales.
- Estudiarás todos los componentes y captadores que se emplean en los vehículos modernos.
- Aprenderás a comprobar captadores.
- Entenderás la importancia de la electrónica digital en la gestión de módulos electrónicos.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

En el servicio oficial Peugeot talleres Autos-Marcos, recepcionan un Peugeot 406 HDI con el testigo de la temperatura del motor parpadeando, fallos de funcionamiento del motor en caliente y el aire acondicionado no se pone en marcha.

El jefe de taller determina realizar lectura de la memoria de averías de la electrónica del motor con el equipo de diagnosis y determinar con exactitud la causa de la avería.

La experiencia del jefe de taller, por los síntomas que tiene el vehículo le lleva a pensar que la causa de la avería debe estar relacionada con la gestión electrónica del motor y los sensores que dispone para determinar la temperatura de funcionamiento del mismo:

sensor de temperatura de aire admitido o sensor de temperatura del líquido refrigerante.

Al vehículo se le realiza la diagnosis y la localización de averías y efectivamente el módulo de gestión del motor tiene memorizada la avería en el captador de temperatura del líquido refrigerante.

La reparación se realiza comprobando primero que efectivamente el sensor está dañado. Empleando un polímetro se miden los valores óhmicos de la sonda de temperatura, con el motor a 20 °C, 6.100 Ω y conforme aumente la temperatura el captador es una resistencia NTC debe disminuir su valor óhmico hasta los 620 Ω a 80°C.

La sonda o captador está averiado y no disminuye su valor óhmico, se sustituye por uno de repuesto y se borra la avería de la memoria con el equipo de diagnosis.

Al poner en marcha el motor con la nueva sonda el testigo no parpadea y el motor gira redondo al ralentí.



↑ Sensor de temperatura (resistencia NTC).

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué importancia crees que tiene la electrónica en la gestión de motores?
2. ¿Crees que es necesario tener unos buenos conocimientos de electricidad para poder reparar averías en los motores?
3. Algunas averías eléctricas y electrónicas se memorizan en los módulos de gestión. ¿Crees que ayuda al trabajo del técnico esta función?
4. ¿Cómo valoras los avances en nuevos componentes electrónicos en la gestión de los vehículos?

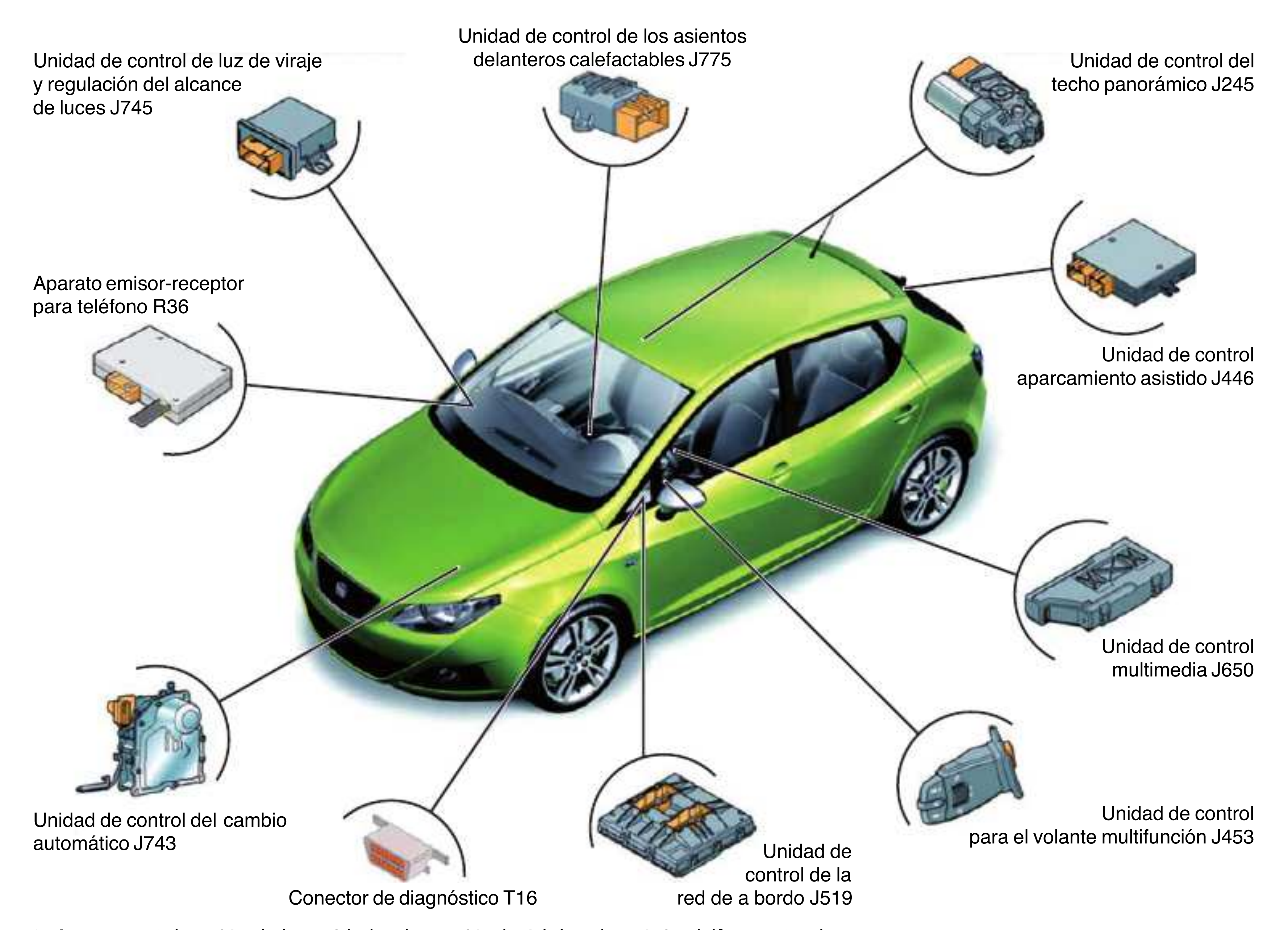
1. La electrónica

caso práctico inicial

El módulo de la gestión electrónica de la inyección electrónica dispone de varios captadores, si un captador falla, se enciende la lámpara de avería y su señal se puede reemplazar por la de otro captador sustitutivo o de emergencia.

La electrónica estudia todo lo relativo al diseño y aplicación de dispositivos eléctricos que emplean en su funcionamiento semiconductores y cuyo funcionamiento básico depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información.

En los vehículos actuales la mayoría de conjuntos, motor, cambios automáticos, ABS/ESP, circuitos de alumbrado, etc., se encuentran gestionados por circuitos electrónicos. Cada conjunto dispone de un módulo de control que recibe la información de los captadores, procesa las señales y activa el correspondiente actuador. Los módulos de control se encuentran conectados entre sí a través de la red CAN Bus, lo que permite compartir información, disminuir el número de cables y captadores.



↑ **Figura 4.1.** Colocación de las unidades de gestión (módulos electrónicos) (fuente Seat).

Los circuitos electrónicos, para funcionar correctamente y poder realizar la función para la que se ha diseñado, disponen de muchos componentes conectados entre sí. Las piezas y componentes de los circuitos electrónicos pueden ser de los siguientes tipos:

- Componentes pasivos (resistencias, bobinas, condensadores, etc.).
- Componentes activos (diodos, transistores, tiristores etc.).
- Circuitos integrados.

2. Componentes electrónicos pasivos

Los componentes pasivos tienen como misión transmitir señales eléctricas y/o electrónicas a los componentes activos y sirven de unión entre estos. Por ejemplo: cables, conectores, resistores, interruptores, bobinas, etc.

2.1. Resistencias

Las resistencias son componentes que ofrecen una dificultad al paso de la corriente, se emplean para reducir y ajustar la tensión de alimentación y como limitadores de intensidad para proteger circuitos.

Una resistencia colocada en un circuito se comporta como un obstáculo que impide el paso de una parte de la corriente y provoca una caída de tensión, la tensión perdida en el circuito por la resistencia, se disipa al exterior en forma de calor.

Las resistencias son de dos tipos:

- Lineales o fijas.
- Variables.

Resistencias fijas o lineales

Son componentes realizados con material conductor, que tienen la cualidad de ofrecer una determinada dificultad al paso de la corriente a través de ellos. Al grado de dificultad que ofrece el material se denomina **resistividad** y se representa con la letra griega ρ (rho), de tal forma que a mayor resistividad mayor resistencia.

Aumenta la resistencia cuanto mayor es la longitud del material empleado y menor su sección. Están fabricados con diferentes materiales tales como: hilo conductor (bobinados), capa metálica, gránulos de carbón, etc.

Las resistencias son sensibles a la temperatura, de tal forma que esta afecta al coeficiente de resistividad.

En la tabla siguiente pueden verse los distintos valores de resistividad para algunos materiales.

Material	Resistividad a 20° C
Aluminio (Al)	0,0283
Cobre (Cu)	0,0172
Hierro (Fe)	0,12
Plata (Ag)	0,0163
Constantán	0,5
Niquelina	0,4
Nicrohm	1,1
Manganina	0,43

↑ **Tabla 4.1.** Materiales y su resistividad.

saber más

Utilizando el símil hidráulico, la resistencia se puede comparar con una tubería.

La resistencia al paso del agua, aumenta en una tubería de poco diámetro, con muchas curvas y con una rugosidad grande de sus paredes.

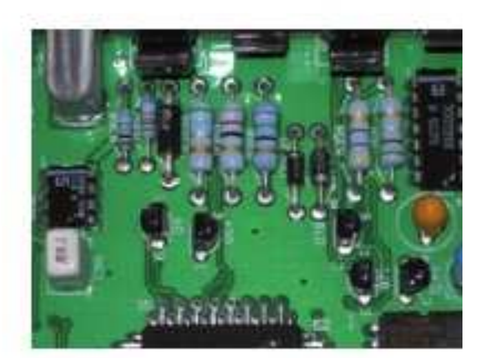
saber más

Fórmula de la resistividad

$$R = \rho \frac{l}{s}$$



↑ **Figura 4.2.** Símbolo de la resistencia.



↑ **Figura 4.3.** Resistencias lineales.

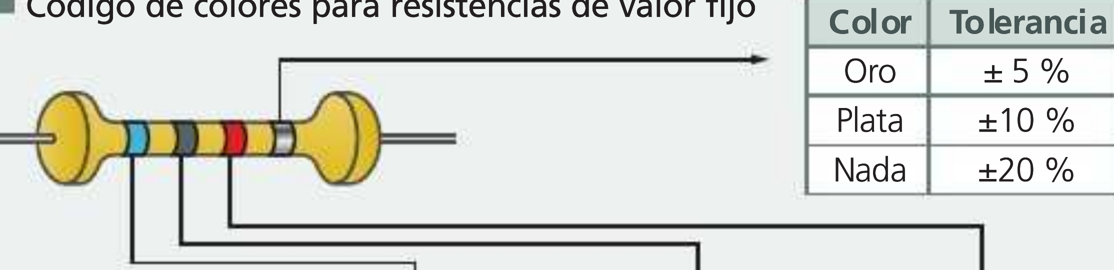


↑ **Figura 4.4.** Símbolo de una resistencia variable.

EJEMPLO

Código de colores para resistencias de valor fijo

Color	Tolerancia
Oro	± 5 %
Plata	±10 %
Nada	±20 %

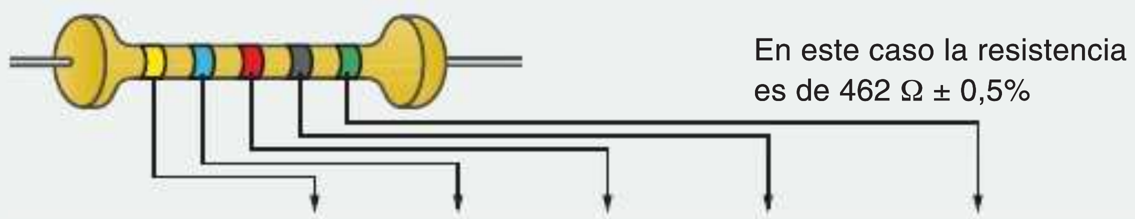


Color	1.ª cifra	2.ª cifra	Multiplicador
Negro	0	0	× 1
Marrón	1	1	× 10
Rojo	2	2	× 100
Naranja	3	3	× 1.000
Amarillo	4	4	× 10.000
Verde	5	5	× 100.000
Azul	6	6	× 1.000.000
Violeta	7	7	× 10.000.000
Gris	8	8	× 100.000.000
Blanco	9	9	× 1.000.000.000

↑ **Tabla 4.2.** Código de colores para resistencias de cuatro bandas.

En este caso el valor en ohmios de la resistencia de la figura es:
La primera cifra es azul, equivale a 6.
La segunda cifra es gris, equivale a 8.
El multiplicador, rojo, equivale a × 100.
Total = 68 · 100 = 6.800 Ω = 6,8 kΩ.
La tolerancia, es de color plata: ± 10 %.
La resistencia del resistor es: 6,8 kΩ ± 10 %.

En el caso de cinco bandas:



Color	1ª cifra	2ª cifra	3ª cifra	N´de ceros	Tolerancia (+/– %)
Plata	—	—	—	0,01	—
Oro	—	—	—	0,1	—
Negro	—	0	0	—	—
Marrón	1	1	1	0	1%
Rojo	2	2	2	00	2%
Naranja	3	3	3	000	—
Amarillo	4	4	4	0000	—
Verde	5	5	5	00000	0,5%
Azul	6	6	6	000000	—
Violeta	7	7	7	—	—
Gris	8	8	8	—	—
Blanco	9	9	9	—	–

↑ **Tabla 4.3.** Código de colores para cinco bandas.

Resistencias variables

Básicamente son resistencias fijas a las que se les añade un terminal móvil denominado cursor. Dependiendo de la posición del cursor varía la resistencia entre el terminal de este y el de uno de los terminales fijos, según una ley concreta de variación (lineal, logarítmica).

El cursor se desliza por la resistencia bobinada, llamada reóstato, haciendo contacto en ella. Los reóstatos se usan en circuitos eléctricos como reguladores de corriente, el más característico de los reóstatos es el empleado en los aforadores de los depósitos de combustible (figura 4.5).



↑ **Figura 4.5.** Reóstato de un aforador de combustible.

Si en vez de la resistencia bobinada tenemos una pista de grafito, hablamos de un reóstato especial llamado **potenciómetro.** Los potenciómetros se emplean para: detectar la posición exacta de un componente, posición del pedal del acelerador y en el caudalímetro de trampilla para medir el aire aspirado de los primeros motores con inyección electrónica (figura 4.6).

Los potenciómetros llevan tres conexiones, dos fijas en los extremos y la tercera sobre un contacto móvil. Sin embargo, el reóstato de resistencia bobinada tiene dos conexiones solamente, una móvil y otra fija.



↑ **Figura 4.6.** Potenciometro del caudalimetro de trampilla.

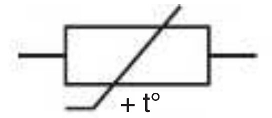
Termistores

Son resistencias realizadas, generalmente, de material semiconductor cuyo valor óhmico varia de forma muy notable con la temperatura. Son apropiados tanto para la medición de temperaturas como para funciones de regulación y control.

Se dividen en dos grupos: resistencias con coeficiente de temperatura positivo y resistencias con coeficiente de temperatura negativo.

- **PTC. Resistencias con coeficiente de temperatura positivo**

Estas resistencias conducen mejor la corriente eléctrica estando frías que calientes. Es decir, al aumentar la temperatura aumenta su resistencia. Están formadas por material cerámico y se emplean en los calentadores de los motores diesel y como resistencia calefactora de la sonda Lambda.

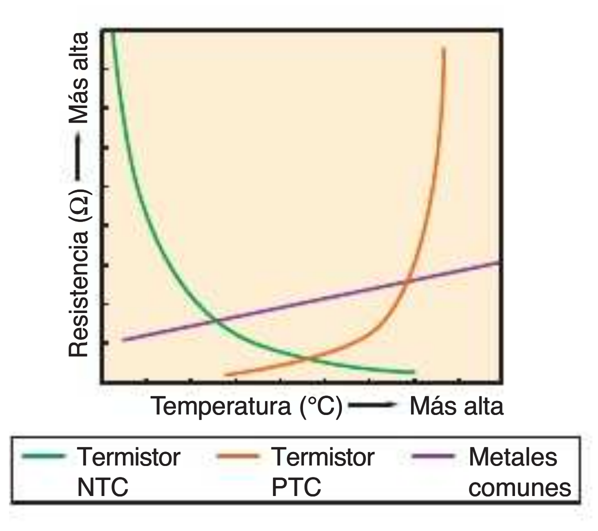


↑ **Figura 4.7.** Símbolo de una resistencia con coeficiente de temperatura positiva.

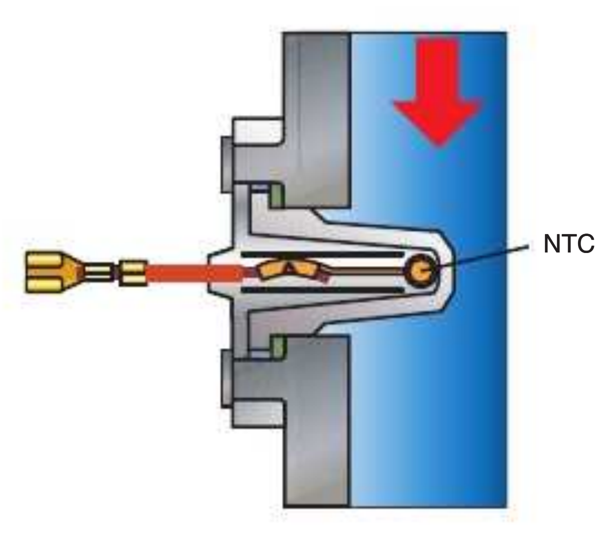
- **NTC. Resistencia con coeficiente de temperatura negativo**

Estas resistencias conducen mejor la corriente eléctrica estando calientes que frías. Es decir, al aumentar la temperatura disminuye su resistencia. Están formadas por polvos de óxidos metálicos con sales metálicas.

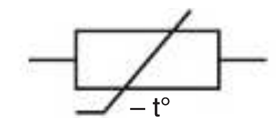
El campo de aplicación es muy amplio, empleándose para la medición y regulación de temperaturas si el calentamiento es externo (ambiente).



↑ **Figura 4.8.** Gráficas de temperatura y resistencia.



↑ **Figura 4.9.** Sonda térmica (NTC).



↑ **Figura 4.10.** Símbolo de una resistencia con coeficiente de temperatura negativo.

Varistor

- **VDR. Resistencia variable con la tensión (voltaje)**

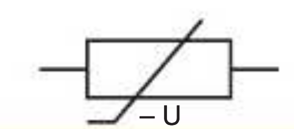
A una tensión baja, el varistor presenta una elevada resistencia, pero a medida que sube la tensión esta decrece de forma significativa.

Por lo tanto, son resistencias cuyo valor óhmico disminuye con el aumento de la tensión aplicada a sus bornes, de tal manera que si aumentamos la tensión aplicada aumenta mucho más la corriente y no de forma constante, ya que la resistencia es cada vez menor (a intensidad doble, tensión mucho mayor que el doble). Están formados por diminutos granos de carburo de silicio sintetizados con un aglomerante.

Son utilizados entre otros fines para la extinción de chispas, estabilización de tensión y como protección contra tensiones.

caso práctico inicial

La resistencia del sensor de temperatura de la mayoría de vehículos es una resistencia NTC, que disminuye su valor óhmico cuando aumenta la temperatura.



↑ **Figura 4.11.** Símbolo de una resistencia variable con la tensión

Fotorresistencia

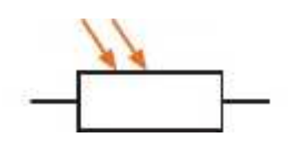
- **LDR. Resistencia variable con la luz**

La fotorresistencia es una resistencia (semiconductor) cuya conductividad mejora tanto más, cuanto más intensamente se ilumina aquella. Es decir, su resistencia disminuye de forma muy acusada con el aumento de intensidad luminosa.

En la oscuridad tiene en general una elevada resistencia.

Hay una mejora en la conductividad del material con la luz, ya que, al incidir los rayos de luz sobre el semiconductor, se produce la liberación de algunos electrones de valencia.

Se utilizan en instalaciones de alarmas, como interruptor automático de encendido de luces, etc.



↑ **Figura 4.12.** Símbolo de una resistencia variable con la luz

2.2. Bobinados

Bobinas

Como vimos en la unidad anterior, al pasar una corriente por un conductor se crea un campo magnético, representado por líneas de fuerza. Todas las líneas de fuerza forman el flujo magnético, cuya unidad es el **weber** (Wb).



↑ **Figura 4.13.** Símbolo de la bobina

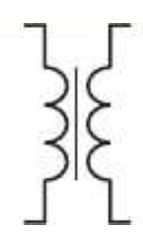
Al variar la intensidad que circula por el conductor, varía el campo generado alrededor de este. Al cociente entre la variación de flujo (ϕ) y la variación de intensidad, se le denomina **coeficiente de autoinducción** (L) y se mide en **henrios** (H).

Si nos interesa tener campos magnéticos más grandes que el de un conductor, conformamos una espira con el conductor o varias espiras formando una bobina.

Si a una bobina se le introduce un núcleo de material ferromagnético aumenta su coeficiente de autoinducción.

Por tanto, el coeficiente de autoinducción tendrá la expresión:

$$L = \frac{N \cdot \phi}{I}$$

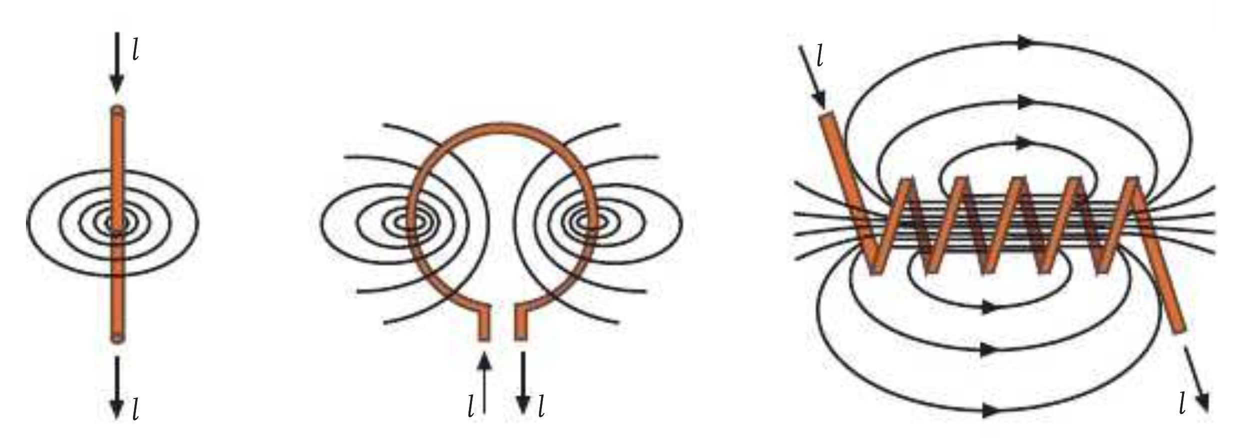


↑ **Figura 4.14.** Símbolo de un transformador



En la que L es el coeficiente de autoinducción; N, el número de espiras; ϕ, el flujo que las atraviesa; e I, la corriente que pasa por la bobina.

Su campo de aplicación es muy extenso. A lo largo de las siguientes unidades didácticas se verán diferentes aplicaciones.



↑ **Figura 4.15.** Campo magnético alrededor de: a) un conductor cilíndrico; b) alrededor de una espira; c) alrededor de n espiras (bob ina).

Transformador

Es un componente destinado a transportar energía de un circuito que trabaja con una determinada combinación de tensión-intensidad, a otro circuito que trabaja con otra combinación distinta de tensión-intensidad.

El transformador básico consta de un núcleo de hierro dulce cerrado sobre el que se disponen dos bobinas con diferente número de espiras. Al arrollamiento que se le aplica la energía recibe el nombre de **primario,** y del que sacamos energía s**ecundario,** la bobina más importante de los motores de explosión es la bobina de encendido (figura 4.16).



↑ **Figura 4.16.** Bobina de encendido de un motor de explosión.

La bobina se encargada de transformar la baja tensión de la batería 12 a 14 V en alta tensión 30.000 V, aproximadamente, que se emplean en alimentar las bujías de encendido.

En los vehículos híbridos que disponen de baterías de alto voltaje, el transformador realiza la función contraria. Por ejemplo, el Mercedes S-400 Hibrid dispone de un transformador de 126V a 14V para cargar la batería de la red eléctrica normal del vehículo.

Las tensiones en los bornes del primario y del secundario están en razón directa a su respectivo número de espiras; mientras que las intensidades de entrada y salida en un transformador están en razón inversa del número de espiras.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

U_1: Voltaje del primario

U_2: Voltaje del secundario

N_1: Número de espiras del primario

N_2: Número de espiras del secundario

I_1: Intensidad del primario

I_2: Intensidad del secundario

EJEMPLO

¿Cuál es el coeficiente de autoinducción de una bobina de 250 espiras que producen un flujo de 0,0003 weber cuando pasa por ella una corriente de 4 A?

Solución:

$$L = \frac{N \cdot \phi}{I} = \frac{250 \cdot 0{,}0003}{4} = 0{,}01875 \text{ Henrios}$$

2.3. Condensadores

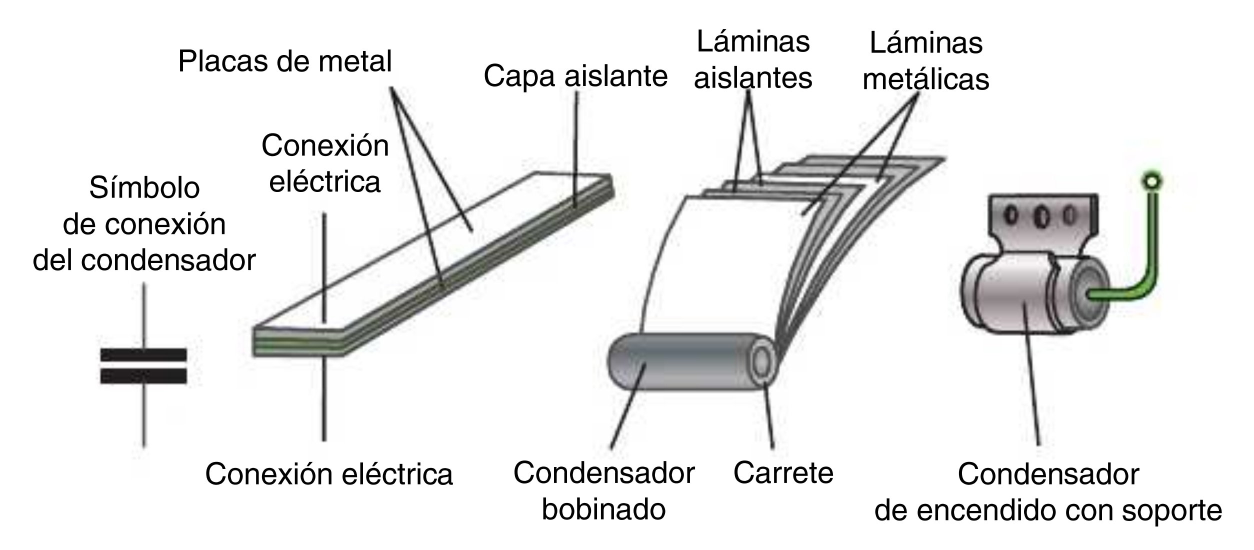


↑ **Figura 4.17.** Condensador colocado en el distribuidor de encendido.

Básicamente está constituido por dos placas de material conductor, colocadas paralelas muy próximas entre sí pero separadas por un material aislante, llamado dieléctrico. Este aislante puede ser el aire pero en la mayoría de los casos es un material aislante de alta calidad.

Un ejemplo utilizado en automoción está constituido por finas láminas de aluminio arrolladas conjuntamente con láminas intercaladas de papel especial formando un solo rollo, según muestra la figura 4.18.

Sobre las láminas de aluminio se efectúan las conexiones.



↑ **Figura 4.18.** Despiece de un condensador.

Si se aplica una tensión continua a un condensador, como es el caso de conectarlo a una batería de automóvil, se carga mientras aumenta la tensión entre sus placas. La intensidad inicial que circula a través de él va disminuyendo hasta hacerse cero cuando termina de cargarse, comportándose como un circuito abierto. Para descargar un condensador basta con desconectar el generador que le suministra la tensión y hacer un cortocircuito entre sus bornes, o conectarlo a un circuito con una resistencia (durante la descarga la intensidad descenderá desde el valor inicial a cero).

Si el condensador es sometido a tensión alterna, como se produce el proceso de carga y descarga alternativamente a la vez que cambia la polaridad del generador, por él circula una corriente eléctrica.

La cantidad de carga eléctrica (Q) que puede almacenar un condensador es proporcional al voltaje que se le aplica (U), denominándose capacidad (C) a esta constante de proporcionalidad:

$$Q = C \cdot U$$

saber más

Faradio

Capacidad que tendría un conductor que, al cargarlo con la cantidad de electricidad de un culombio, lograse el potencial de 1 voltio.

saber más

Submúltiplos del faradio

μF (microfaradio) = 1×10^{-6} F

nF (nanofaradio) = 1×10^{-9} F

pF (picofaradio) = 1×10^{-12} F

La capacidad se mide en faradios (F). Por lo tanto tendremos:

$$1 \text{ Faradio} = \frac{1 \text{ Culombio}}{1 \text{ Voltio}}$$

Dado que el faradio es una unidad demasiado grande, se utilizan normalmente los siguientes submúltiplos: microfaradio, nanofaradio o picofaradio.

La capacidad de los condensadores tiene las siguientes características:

- Es directamente proporcional al área total de la superficie de las placas conductoras.
- Es directamente proporcional a la capacidad aislante del material que separa las placas conductoras.
- Es inversamente proporcional a la distancia existente entre las placas conductoras.

Hay diferentes tipos de condensadores, entre otros los más usuales son: los condensadores de papel ya comentados; los cerámicos, que emplean materiales como titanio, plata, etc.; los electrolíticos, que utilizan una fina película de óxido de metal como aislamiento, sobre una base de aluminio o tantalio, sus terminales están polarizados y deben conectarse teniendo en cuenta su polaridad. Estos últimos son de gran capacidad.

Los condensadores comentados son fijos, pero en ciertas aplicaciones de electrónica se emplean condensadores variables.

2.4. Relés

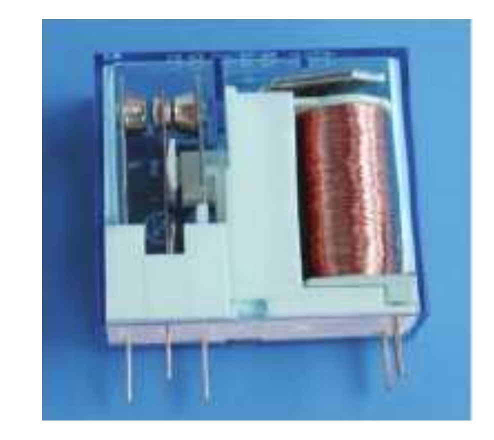
Los relés son dispositivos electromagnéticos utilizados como interruptores y/ o inversores de corriente intercalados en los circuitos eléctricos. Están formados por una bobina arrollada sobre un núcleo magnético y un interruptor de contactos.

La bobina es alimentada por una corriente relativamente pequeña frente a la principal, denominada de mando, que es la encargada de hacer actuar al relé.

Esta corriente provoca que el campo magnético creado en el núcleo de la bobina atraiga con fuerza la armadura del porta-contactos, abriendo estos e interrumpiendo la corriente principal, o enviándola a un circuito (relé inversor). Para mitigar a la corriente de ruptura al suprimir la corriente de componentes y circuitos electrónicos se utilizan diodos o resistencias en paralelo con la bobina.

Los relés se utilizan básicamente en la alimentación de consumidores que necesitan intensidades de corriente elevadas (en general, superiores a 8A).

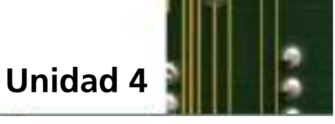
Su campo de aplicación, al igual que su configuración, es muy amplio en automoción, se emplean en los circuitos siguientes: circuitos de luces, circuito de luneta térmica, simples, dobles, etc. En la figura 4.19 se pueden ver los componentes internos de un relé.



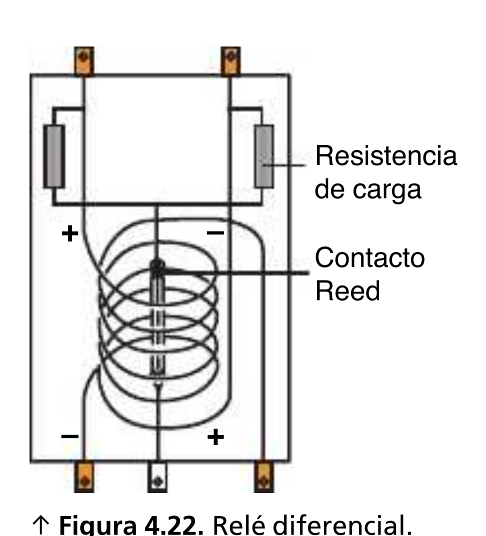
↑ **Figura 4.19.** Bobina de excitación y contactos de un relé.

Relé diferencial

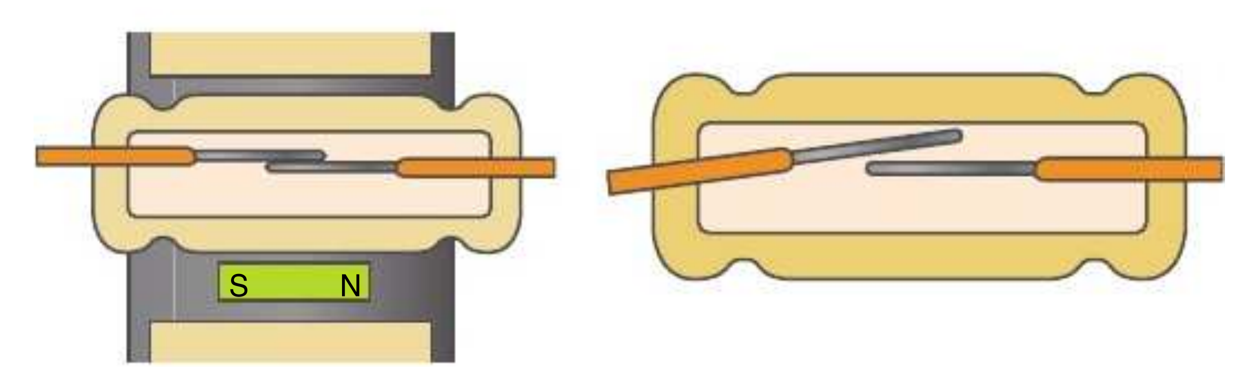
Está constituido por un bobinado de devanado doble y un contacto tipo Reed incorporado en el núcleo de la bobina. Si circula corriente por las dos bobinas, se anulan mutuamente los campos magnéticos creados, dado que la polaridad es inversa en cada una de ellas, y en consecuencia el contacto Reed permanece abierto.



Si hacemos pasar corriente por una de las bobinas, solo la alimentada con corriente creará un campo magnético, con lo que el contacto Reed se cerrará. El contacto Reed (figura 4.20) está constituido por dos láminas de material ferromagnético herméticamente encerradas en un tubo de vidrio. Al someter las láminas a la acción de un campo magnético, los extremos adquieren polaridades de distinto signo y cuando el flujo magnético es suficientemente intenso; las fuerzas de atracción cierran el circuito que se quiere gobernar.



↑ **Figura 4.22.** Relé diferencial.



↑ **Figura 4.20.** Relé Reed.

↑ **Figura 4.21.** Relé Reed accionado por bobina.

3. Componentes electrónicos activos

Los componentes activos de un circuito tienen la función de control y amplificación de señales eléctricas y/o electrónicas del circuito del que forman parte.

Por ejemplo: diodos, transistores, tiristores, etc.

3.1. Semiconductor

Desde un punto de vista electrónico los materiales de la naturaleza están divididos en dos grandes grupos, conductores y aislantes. A medio camino entre estos se encuentran los materiales semiconductores que tienen la característica fundamental de tener cuatro electrones en su órbita de valencia, como el silicio o el germanio (menos utilizado).

Mientras los cuerpos conductores ofrecen poca resistencia al paso de los electrones y los aislantes la ofrecen elevadísima, los semiconductores presentan una resistencia intermedia entre ambos.

saber más

Semiconductores

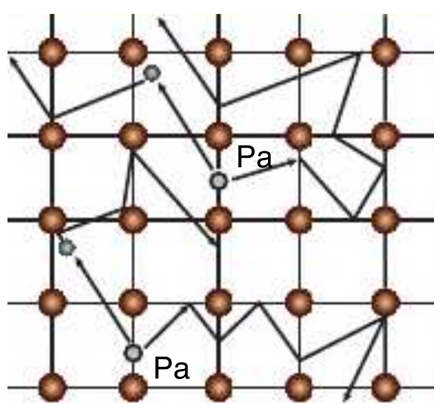
Para comprender cómo funcionan los diodos, transistores y circuitos integrados es necesario estudiar los materiales semiconductores.

3.2. Semiconductor intrínseco

Un semiconductor intrínseco es un semiconductor puro.

Para un semiconductor puro como el silicio, su estado de conducción depende de la temperatura, de manera que a –273 °C (0 K) su estructura es completamente estable y se comporta como un aislante, no disponiendo por tanto de electrones libres aptos para la conducción eléctrica. Pero a medida que aumenta la temperatura del semiconductor va disminuyendo su resistencia eléctrica según el siguiente proceso:

Al aumentar la temperatura, la energía de los electrones aumenta, y debido a ella algunos dejarán de estar ligados al átomo, convirtiéndose en electrones libres. El electrón, libre al abandonar el átomo al que estaba ligado, deja a su vez en él un hueco, que se comporta como un portador de corriente positivo, que se moverá en zigzag por el semiconductor (figura 4.23) de forma análoga a como lo hace el electrón libre, pero en distinto sentido.



↑ **Figura 4.23.** Formación de un par huecoelectrón en un enlace covalente roto por oscilaciones térmicas en la red cristalina. Pa = formación de un par.



Cuando se le aplica una tensión a un material semiconductor que está **a una temperatura ambiente de 25 °C**, aparece en él una corriente formada por electrones y huecos (siempre existe el mismo número de electrones que de huecos independientemente de la temperatura), de tal forma que los electrones se moverán hacia el polo positivo de la tensión, mientras que los huecos lo harán hacia el polo negativo.

Por lo tanto, podemos llegar a la siguiente conclusión: la conducción eléctrica de los materiales conductores es debida únicamente a los electrones libres, mientras que en los materiales semiconductores, cuando conducen es debido a los electrones libres y a los huecos.

Señalaremos, por último, que, si aumenta la temperatura ambiente, se incrementan las vibraciones a nivel atómico, lo cual supone la creación de más electrones libres y huecos pero en igual medida.

3.3. Semiconductor extrínseco

Para la utilización del semiconductor en circuitos electrónicos, es preciso que se pueda ajustar exactamente su conductividad y que esta permanezca constante dentro de un margen de temperatura lo más amplio posible.

Para disminuir la resistencia de un semiconductor intrínseco y controlar su resistividad, se añaden al silicio en el proceso de fabricación átomos de otros elementos, resultando un semiconductor extrínseco. A este proceso se le denomina **dopaje** del semiconductor intrínseco y al material añadido impureza.

El objeto de la adición de impurezas es la obtención de semiconductores ricos en electrones o en huecos. Así al impurificarlo con elementos tales como el fósforo, antimonio o arsénico, el semiconductor resultante se denomina **tipo N,** obteniéndose un semiconductor rico en electrones libres. Estos son los portadores mayoritarios del semiconductor, que también tendrá huecos pero en menor medida, y se denominan portadores minoritarios.

Si se contamina el silicio con átomos de galio, boro o indio, el material resultante es rico en huecos siendo estos los portadores mayoritarios y se denomina **tipo P.** En este caso los electrones libres estarán presentes en menor proporción, siendo por tanto los portadores minoritarios.

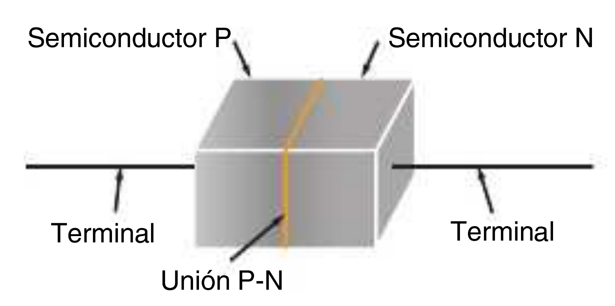
Si a un semiconductor tipo N se le aplica una tensión, la corriente que por él circula es debida al movimiento de los electrones hacia el borne positivo. En el caso de semiconductor tipo P, la corriente que por él circula es debida al movimiento de huecos hacia el borne negativo.

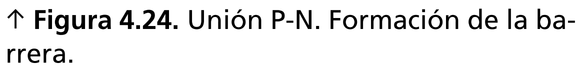
caso práctico inicial

Los módulos electrónicos de gestión del motor se fabrican con semiconductores, diodos, transistores, etc.

3.4. Diodos

Un diodo está compuesto por la unión de dos semiconductores, uno tipo *P* y otro tipo *N*. Los electrones mayoritarios de la zona *N* se mueven hacia la zona *P*, y los huecos de *P* se dirigen hacia la zona *N*, formándose una zona neutra y estable en la unión *P-N* (figura 4.24) que trabaja en forma de barrera (figura 4.26).





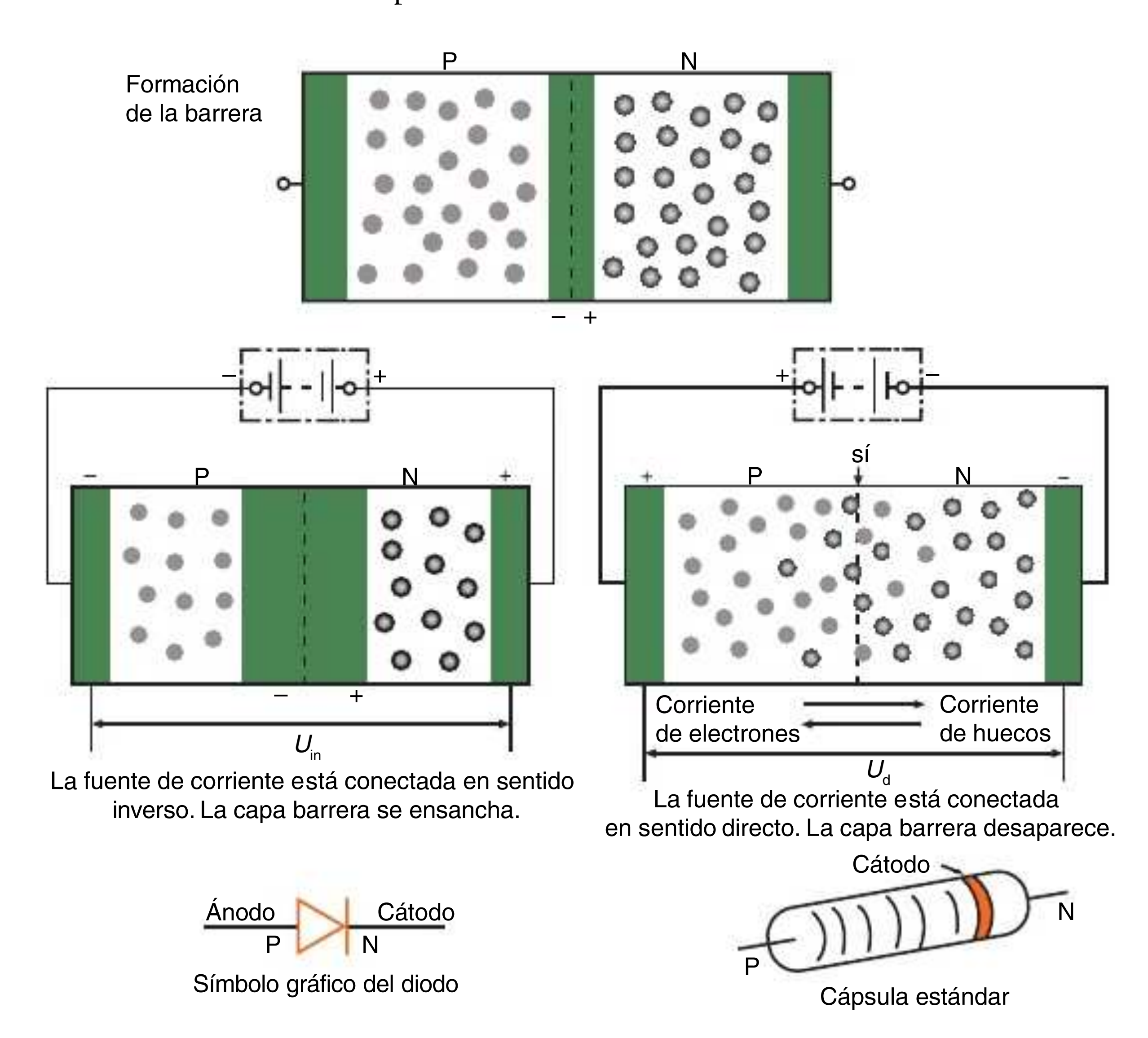
↑ **Figura 4.24.** Unión P-N. Formación de la barrera.





↑ **Figura. 4.25.** Diodos de gran tamaño de un puente rectificador.

Si conectamos el polo positivo de una batería a la zona *P* de la unión, y el negativo a la zona *N* (polarización directa), la zona neutra se estrecha hasta desaparecer prácticamente, permitiendo el paso de la corriente eléctrica, que aumentará en función de la tensión aplicada.



↑ **Figura 4.26.** Funcionamiento de un diodo.

Al invertir los polos de la batería, es decir, el polo negativo de la batería a la zona P y el polo positivo a la zona N (polarización inversa), la zona neutra se ensancha, impidiendo el paso de la corriente. La zona neutra deja de ensancharse cuando su diferencia de potencial es igual a la tensión inversa aplicada. Cuando sucede esto, los huecos y los electrones dejan de alejarse de la unión.

La unión P-N tiene la propiedad de dejar pasar la corriente en un único sentido cuando se la polariza directamente, y no conduce cuando se la polariza inversamente.

Diodo Zener



↑ **Figura 4.27.** Símbolo del diodo Zener.

Si polarizamos inversamente un diodo, y aumentamos la tensión de polarización paulatinamente, llega un momento denominado punto de ruptura o tensión Zener, en el cual el diodo permite el paso de la corriente.

El nivel de tensión en que se produce la ruptura es constante y, siempre que la intensidad no sobrepase el máximo permitido el fenómeno es reversible. El diodo Zener está desarrollado para trabajar polarizado inversamente y soportando la tensión de ruptura. Es utilizado como estabilizador de tensión.



El diodo Zener se comporta igual que un diodo normal (unión P-N) con polarización directa, mientras que al aplicarle tensión inversa superior a la de ruptura deja pasar una corriente importante de ánodo a cátodo, recuperando totalmente las características de un diodo, si se rebaja el valor de dicha tensión.

En las hojas de características del diodo se indica el coeficiente de temperatura, ya que si la temperatura que lo rodea aumenta, la tensión Zener varía un poco.

El coeficiente de temperatura es el cambio porcentual por cada grado que varía la temperatura.

Para diodos Zener con tensiones de ruptura menores de 5 voltios, el coeficiente de temperatura es negativo. Dicho coeficiente será positivo para tensiones de ruptura superiores a 6 voltios.

Entre 5 y 6 voltios es posible encontrar un punto de funcionamiento del diodo en el cual el coeficiente de temperatura sea cero, ya que con esos valores de voltaje el coeficiente cambia de negativo a positivo. Este dato es importante ya que en algunas ocasiones se necesita una tensión Zener constante durante un intervalo grande de temperatura.

Además de los diodos ya estudiados, la unión (P-N) da lugar a otros tipos de componentes.

Entre los más utilizados tenemos:

- **Varicap:** diodo de capacidad variable. Se comporta como un condensador variable con la tensión.
- **Fotodiodo:** es un diodo sensible a la intensidad de la luz, posee la propiedad de aumentar la corriente inversa de saturación cuando aumenta la intensidad luminosa aplicada al material semiconductor. El fotodiodo, estando polarizado inversamente y sin estar expuesto a la luz, deja pasar una corriente muy pequeña.

  Al exponerlo a la luz, conforme aumenta la intensidad luminosa (lux) aumenta el paso de la corriente. Son empleados en automoción para la regulación de la temperatura de climatización.
- **L.E.D:** es un diodo emisor de luz visible cuando se polariza directamente. El funcionamiento es similar al de un diodo normal. Al polarizarlo directamente deja pasar la corriente, y a partir de cierto umbral de tensión comienza a emitir luz de forma que aumenta la intensidad luminosa que emite al aumentar dicha corriente. La intensidad y la tensión que soportan es baja, del orden de 1,7 a 2 V y una intensidad máxima de 20 mA. La luz puede ser de diferentes colores: amarillo, verde, etc. Son empleados en automoción en los circuitos alumbrado y de señalización figura 4.30).

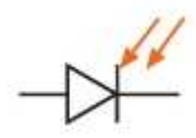
3.5. El transistor

El transistor es un componente semiconductor con tres regiones consecutivas de un semiconductor tipo N y de otra tipo P. Según el orden en que estén dispuestas estas regiones, existe el transistor N-P-N y el P-N-P. La región central se denomina base (B), y las dos exteriores, emisor (E), y colector (C), veáse figura 4.32.

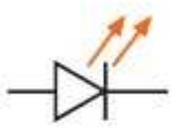
saber más

Fotodiodo

En los fotodiodos típicos, la corriente inversa es del orden de decenas de microamperios.



↑ **Figura 4.28.** Símbolo del fotodiodo.



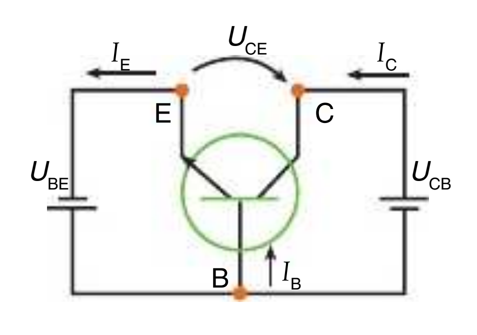
↑ **Figura 4.29.** Símbolo del L.E.D.

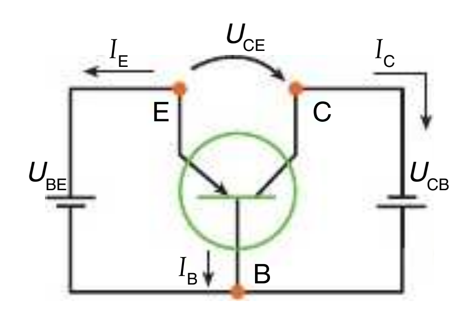


↑ **Figura 4.30.** Diodos L.E.D.

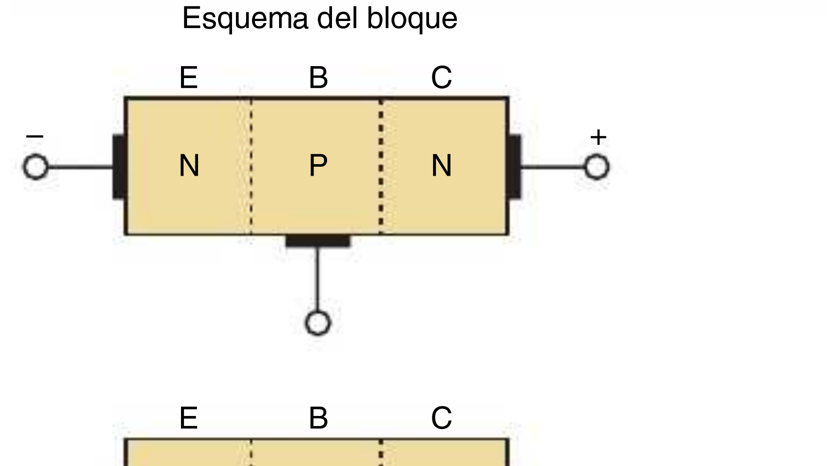


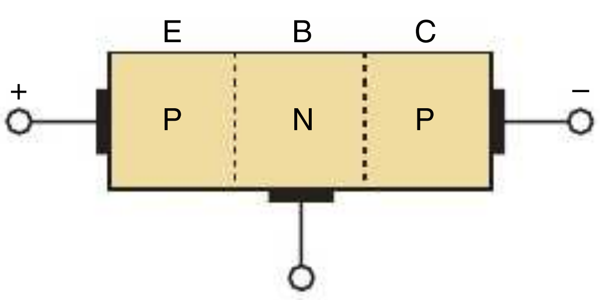
↑ **Figura 4.31.** Faro con diodos L.E.D. fuente Audi.

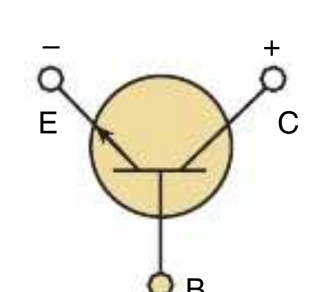


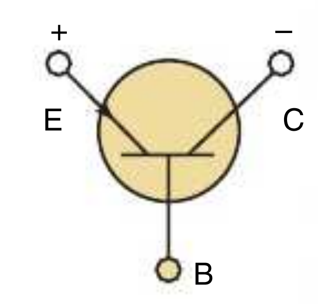


↑ **Figura 4.33.** Circuitos simplificados de los transistores N-P-N y P-N-P.









↑ **Figura 4.32.** Transistores N-P-N y P-N-P. Esquema de los bloques y símbolos de conexión.

El comportamiento del transistor es similar al de dos diodos semiconductores colocados en serie, siendo la base la unión de estos diodos.

El transistor en circuitos electrónicos se puede comportar de los siguientes modos:

- Aplicación como elemento amplificador.
- Aplicación como interruptor.

Como amplificador, se emplea en los equipos de sonido principalmente, su comportamiento lo podemos ver en la figura 4.33, la corriente del colector depende de la corriente de base; es decir, si externamente al transistor se modifica la corriente de base, la del colector varía proporcionalmente, con orden de magnitud de 50 a 200 veces superior. Así tendremos una ganancia de corriente entre el terminal de base y el terminal del colector.

La ganancia de corriente B_{CC} de un transistor se define como la corriente de colector dividida entre la corriente de base. Se expresa así:

$$B_{CC} = \frac{I_C}{I_B}$$

Todos los circuitos con transistores cumplen dos leyes básicas:

$$I_E = I_B + I_C$$

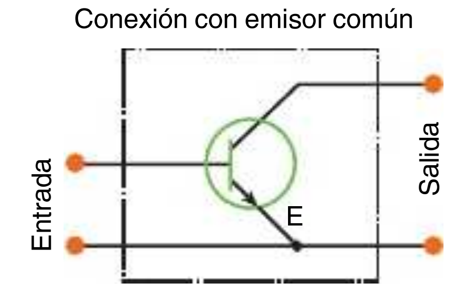
$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$$

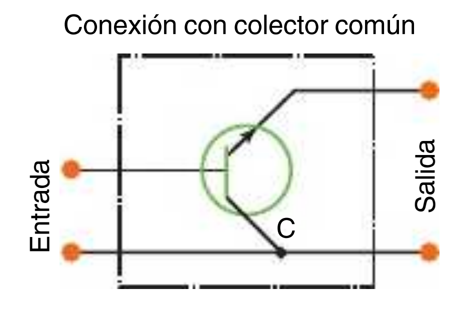


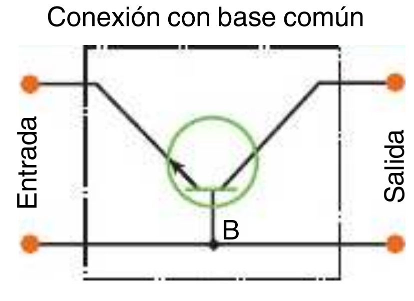
La primera ecuación indica que la corriente de emisor es la suma de la corriente de base y la corriente de colector.

La segunda ecuación indica que la tensión colector-emisor es la suma de la tensión colector-base y la tensión base-emisor.

Las tensiones con un solo subíndice (U_C, U_B, U_E) son las de uno de los terminales del transistor con respecto a masa. Los subíndices dobles (U_{CE}, U_{BE}, U_{CB}) se refieren a la tensión entre dos terminales del transistor.







↑ **Figura 4.34.** Ejemplos básicos de conexión de un transistor (N-P-N).

Todas las conexiones de circuitos amplificadores pueden reducirse a los siguientes tres tipos básicos, tanto para el transistor N-P-N como para el P-N-P:

Como interruptor se emplea en los circuitos de electrónica digital principalmente, es el caso límite de una amplificación de corriente.

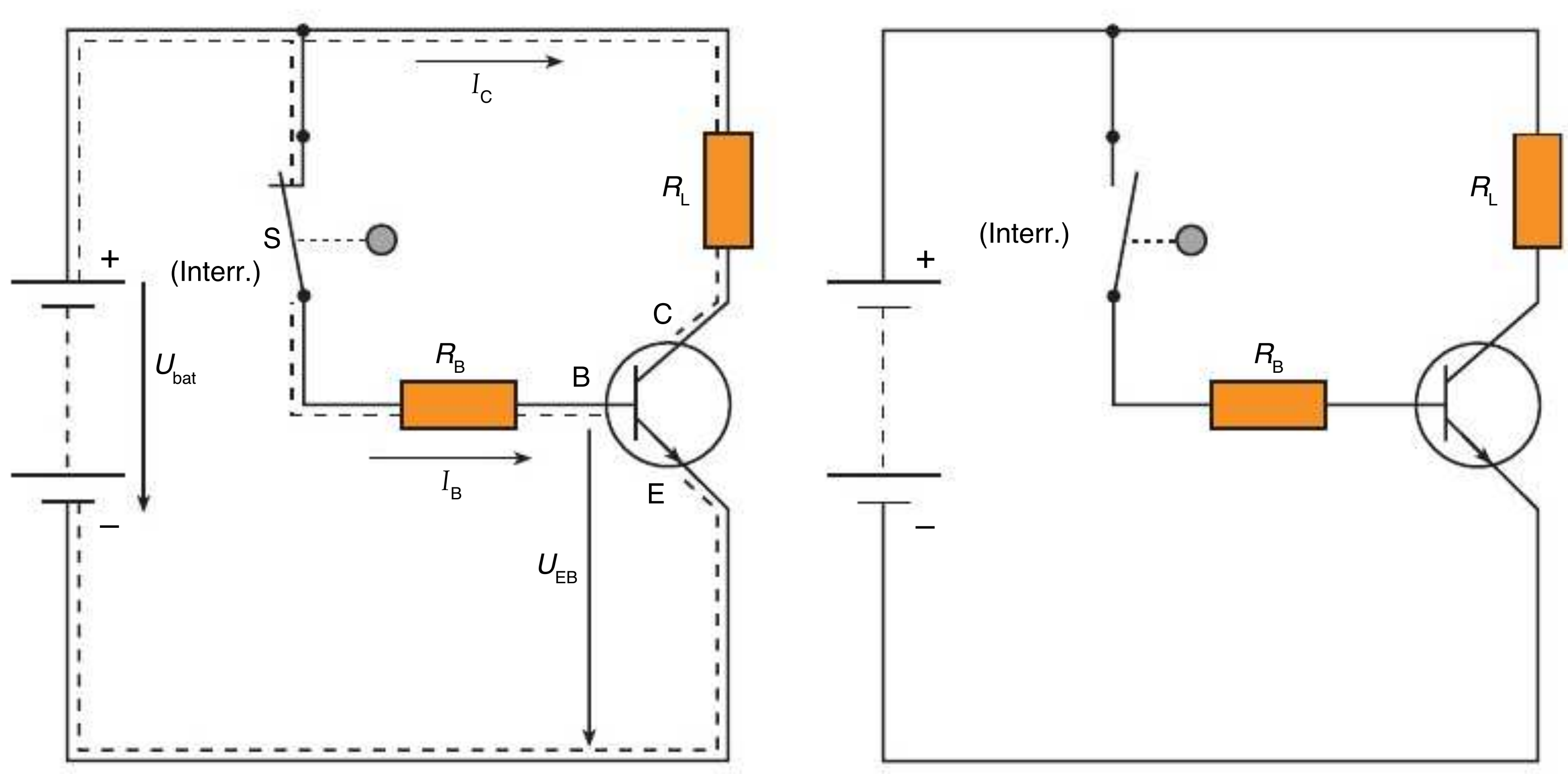
Solo existen dos fases de trabajo: cierre y apertura.

Apertura: al quitar la corriente de mando U_{BE} (figura 4.35), el transistor funciona como un interruptor, bloqueando la corriente principal del colector (I_C).

saber más

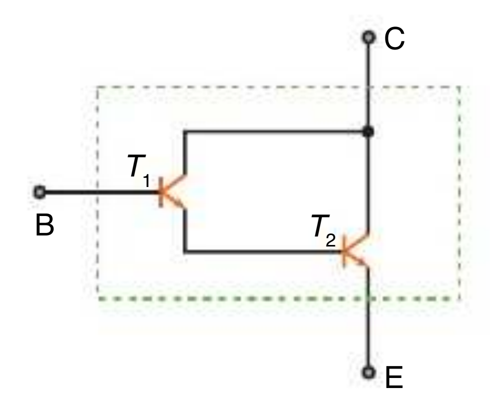
Transistor F.E.T.

Es un ejemplo de transistor unipolar que depende de un solo tipo de carga, que puede ser de electrones o de huecos.



↑ **Figura 4.35.** Transistor N-P-N, trabajando como interruptor.

El transistor no solo conmuta una corriente de alta intensidad, sino que debe hacerlo con rapidez, aventajando sin duda a cualquier interruptor mecánico. El transistor descrito es el denominado transistor bipolar, modernamente se ha desarrollado otro tipo de transistores denominados F.E.T. (transistores de efecto de campo).



↑ **Figura.4.36.** Esquema Darlington.

Darlington

Un par Darlington es una variante de un sistema de amplificador compuesto por dos transistores acoplados entre sí de tal forma que la conducción de uno de ellos (T_1) provoca la conducción del otro T_2. Este tipo de acoplamiento es de gran utilidad, hasta el punto de que se fabrica el par Darlington integrado en una sola cápsula (véase figura 4.36).

Las características principales son:

- Muy alta ganancia en corriente. Realmente resulta que los dos transistores tienen una ganancia de corriente total igual al producto de las ganancias de corriente individuales.
- Alta impedancia de entrada que se percibe hacia la base del primer transistor.
- Par integrado en una cápsula común.

saber más

Transistor Darlington

Para que nos hagamos una idea de que la ganancia es extremadamente alta en este tipo de transistores, exponemos un ejemplo de este tipo: el transistor TP101, tiene una ganancia mínima de 1.000 y una ganancia máxima de 20.000.

EJEMPLOS

- **Un diodo Zener tiene una tensión de ruptura de 10 voltios y una resistencia Zener de 8 ohmios.**

¿Cuál será la tensión adicional cuando la corriente sea de 20 mA?

Solución:

$$U_z = I_z \cdot R_z = (20 \text{ mA}) \cdot (8) = 0{,}16 \text{ V}$$

Lo cual indica que la tensión de ruptura es de 10,16 V en vez de 10.

U_z = Cambio en la tensión Zener.

I_z = Cambio en la corriente Zener.

R_z = Resistencia Zener.

- **Un transistor tiene una corriente de colector de 2 mA. Si la ganancia de corriente es de 130, ¿Cuál será el valor de la corriente de base?**

Solución:

$B_{CC} = 130$

$I_C = 2$ mA

I_B = ¿?

$$B_{CC} = \frac{I_C}{I_B}; \quad I_C = I_B \cdot B_{CC}; \quad I_B = \frac{I_C}{B_{CC}} = \frac{2 \text{ mA}}{130} = 0{,}0153 \text{ mA} = 15{,}3 \text{ µA}$$

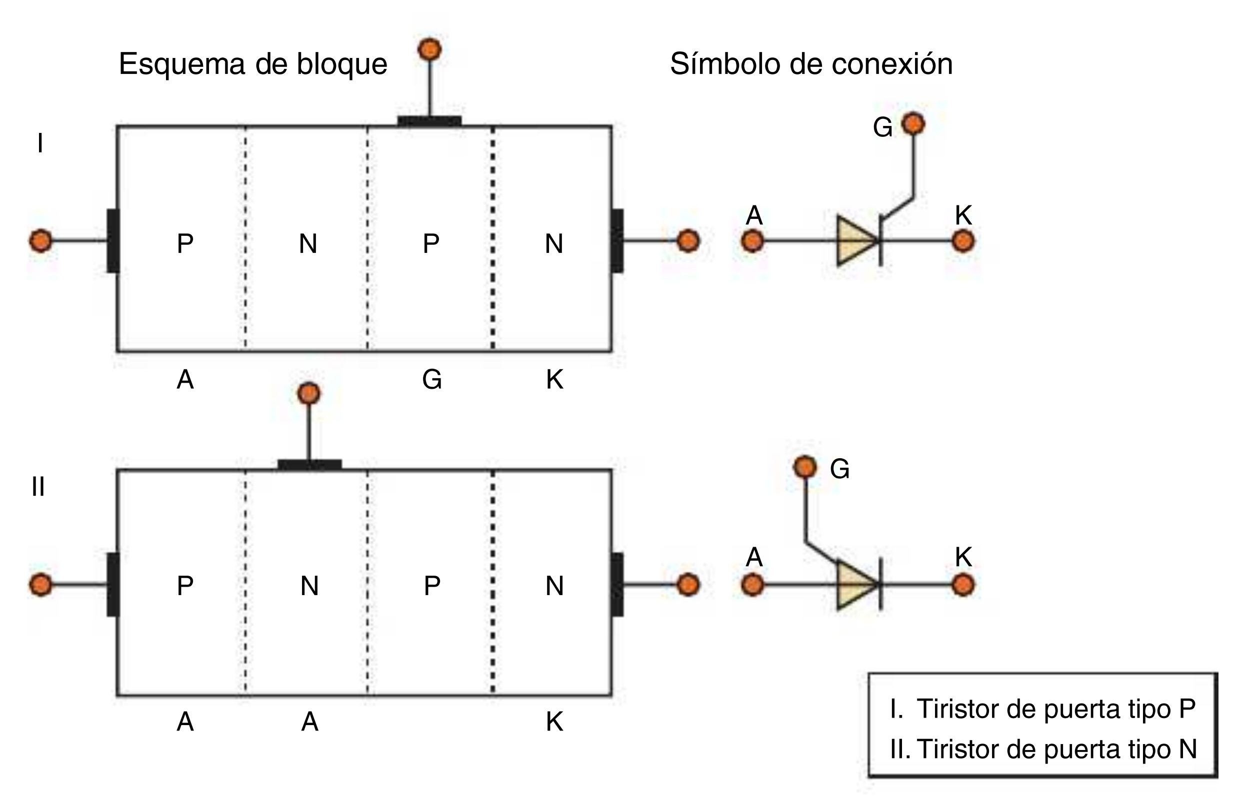
3.6. El tiristor

El tiristor es un diodo compuesto por cuatro regiones semiconductoras, P-N-P-N, consecutivas. Tres de estas (figura 4.37) están provistas de conexiones eléctricas y se denominan: ánodo (A), cátodo (K) y puerta (G) como conexión de mando adicional (terminal de disparo).

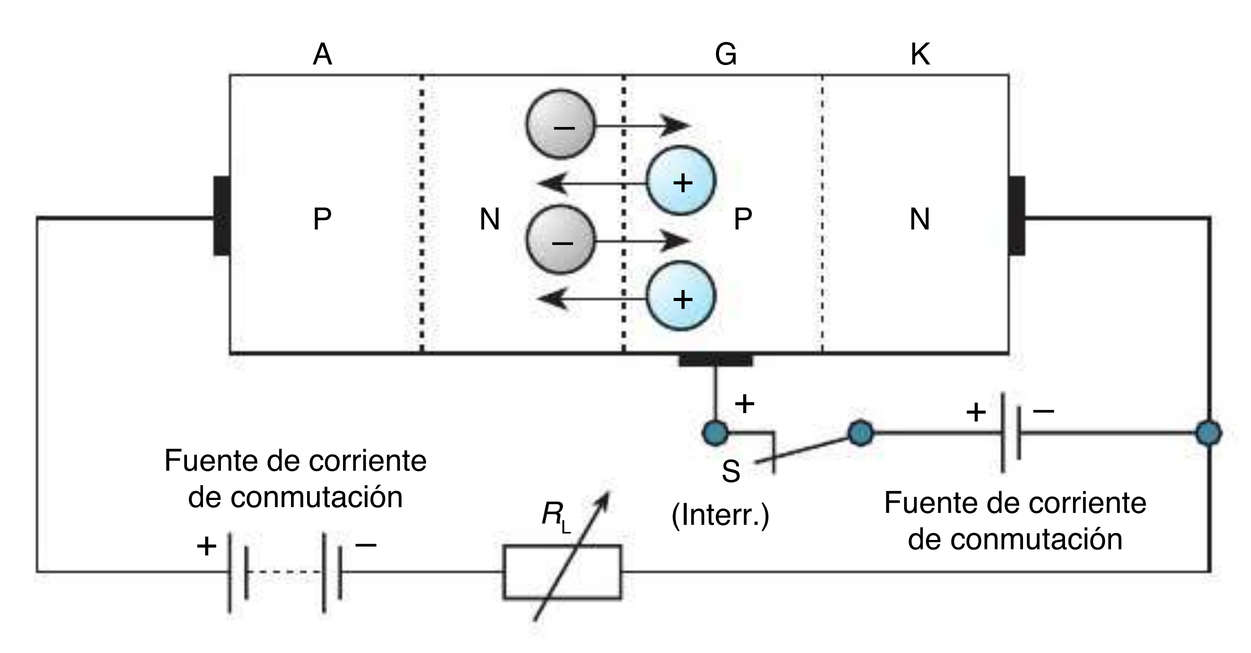
saber más

El tiristor

A diferencia del transistor bipolar, que puede funcionar como amplificador lineal o como amplificador en conmutación, los tiristores solo funcionan de esta última manera.



↑ **Figura 4.37.** Esquema del bloque y símbolo del tiristor.



↑ **Figura 4.38.** Forma de trabajar de un tiristor tipo P.

El tiristor es un interruptor electrónico controlable, con propiedades de rectificador.

Por un breve impulso de tensión en el terminal de mando, también denominado de disparo, el tiristor pasa a ser conductor con características similares a un diodo, y permanece en este estado de conmutación aun después de cesar el impulso.

El tiristor se vuelve a cerrar tan solo cuando se interrumpe el circuito de corriente mediante un dispositivo adecuado, por ejemplo un interruptor.

- Si se polariza inversamente el tiristor, al igual que el diodo normal, no conduce.
- Para que conduzca en sentido directo (de ánodo a cátodo), es necesario establecer previamente una corriente desde el terminal de disparo al cátodo (el impulso se denomina *trigger*).
- Una vez establecida la conducción en sentido directo, la corriente no se interrumpe aunque desaparezca la existente entre el terminal de disparo y el cátodo.
- Para que deje de conducir es necesario anular la corriente entre ánodo y cátodo.

saber más

Apéndice

La simbología normalizada en automoción viene reflejada en las normas DIN 40 700 y sucesivas.

Puedes encontrar parte de esta simbología en el apéndice final de este libro.

4. Tipos de circuitos electrónicos

4.1. Circuito impreso

Se entiende por circuito impreso una placa en la cual se sueldan o enchufan los componentes, resistencias, condensadores, transistores etc. (figura 4.39). Las conducciones constituidas por vías metálicas más o menos anchas pero muy delgadas son aplicadas mediante sistemas de impresión por la otra cara de la placa. Tienen las siguientes ventajas frente al circuito cableado:

- Facilidad de mantenimiento.
- Poca propensión a fallos.
- Resistencia a los choques y vibraciones.



↑ **Figura 4.39.** Circuito impreso.

4.2. Circuito integrado



↑ **Figura 4.40.** Circuito integrado.

Entendemos por circuito integrado, un circuito electrónico compuesto por componentes semiconductores unidos inseparablemente sobre un único «chip» monolítico.

Tiene las siguientes ventajas:

- Fabricación económica.
- Gran aprovechamiento del espacio.
- Proceso de fabricación en técnica planar; capas semiconductoras de los tipos N y P dispuestas en planos superpuestos o yuxtapuestos. La capa tipo N es atacada por diferentes procedimientos fisicoquímicos, obteniéndose los diferentes componentes deseados.

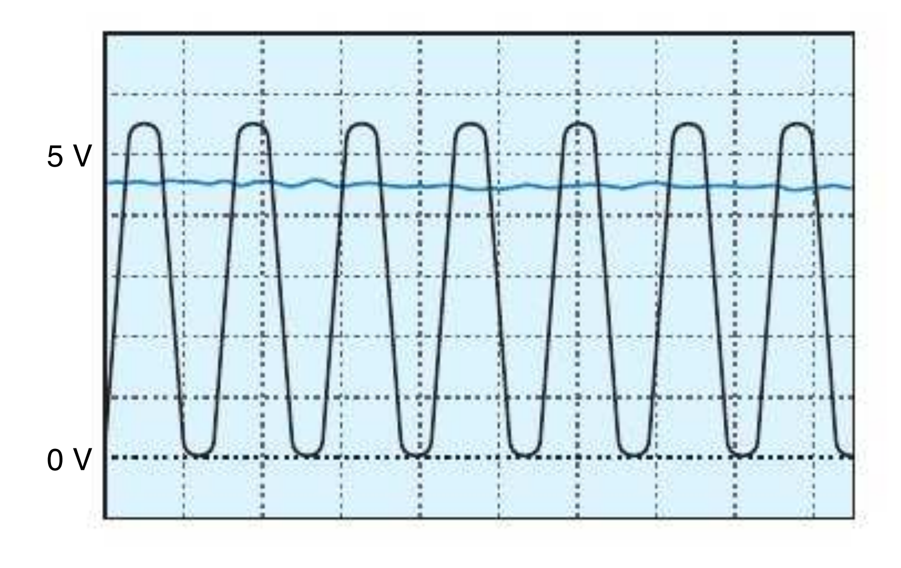
4.3. Electrónica digital

caso práctico inicial

Los módulos electrónicos de gestión de los vehículos emplean en su funcionamiento interno la electrónica digital.

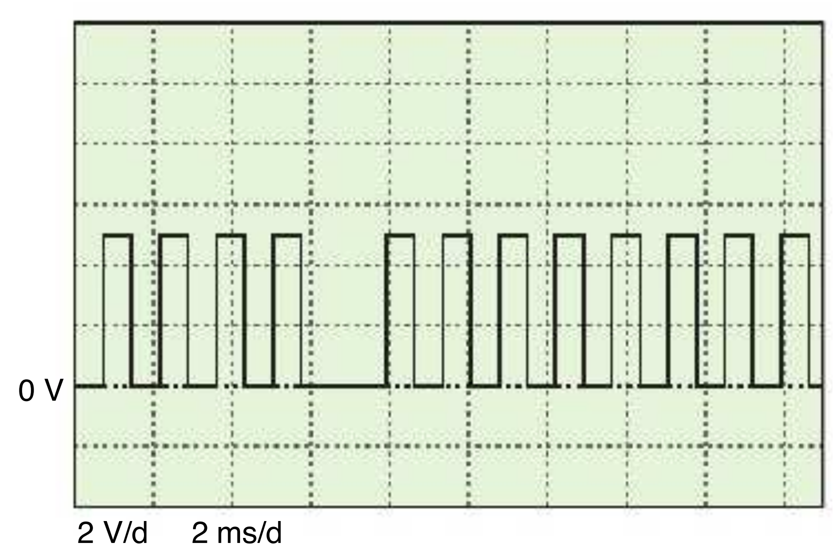
Se conoce como electrónica digital la parte de la electrónica que basa su funcionamiento en dos estados lógicos: «uno» y «cero» y que toma como elemento básico el bit. Estos estados se corresponden en los circuitos electrónicos digitales con dos niveles de tensión: un «cero» lógico se representa por una tensión aproximada a cero voltios, y un «uno» por una tensión cercana a cinco voltios. La combinación de ceros y unos dan lugar a una función lógica, que representa una señal determinada.

La diferencia entre una señal analógica y la digital, es que por ejemplo, para una señal de 5 voltios, si la señal analógica tiene como valor mínimo cero voltios y máximo cinco voltios, para pasar de cero a cinco voltios hay que pasar por todos los valores intermedios de tensión, (1, 2, 3, etc.) (figura 4.41). Si la señal es digital solo existen los valores de cero y cinco voltios, y para pasar de cero a cinco voltios se hace directamente sin pasar por valores intermedios de tensión, ya que no existen en esta señal. Por lo tanto, existen únicamente dos posibles valores de tensión que se denominan valores discretos de tensión.





↑ **Figura 4.41.** Señal analógica.



↑ **Figura 4.42.** Señal digital.

Se crean formas de codificar la información mediante la agrupación de bits que van a generar un sistema de codificación de la información denominado binario. Tomando como elemento de codificación esencial el bit, haciendo grupos

de bits, vamos aumentando la complejidad del código. La agrupación de ocho bits se le denomina byte, y a la agrupación de 1024 bytes se le denomina kilobyte y la agrupación de 1024 kilobytes un megabyte.

El sistema utilizado para operar y calcular por los humanos es el sistema decimal o de «base 10», mientras que el sistema usado internamente por las máquinas electrónicas actuales es el binario o de «base 2».

El álgebra matemática que se aplica a los números binarios es conocida como álgebra de Boole, que tiene tres operaciones básicas entre bits:

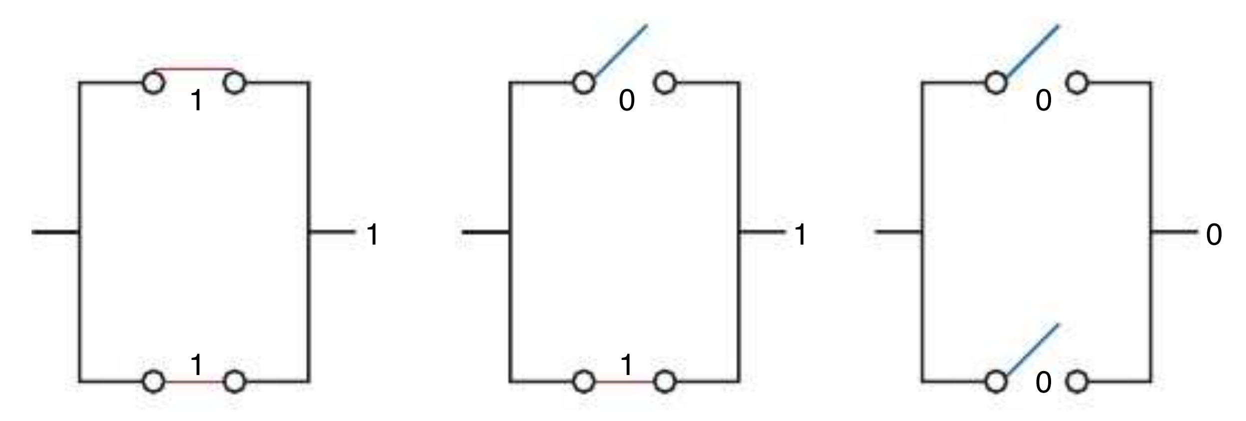
1ª Suma lógica (OR): el símbolo de la suma se sustituye por OR

$$a + b \Rightarrow a \text{ OR } b$$

Equivale a la «o» de las frases disyuntivas: es verdadero si alguna de las proposiciones es verdadera, y falsa si las dos son falsas.

Por ejemplo: tenemos dos interruptores que pueden alimentar con corriente una lámpara. La lámpara se ilumina siempre que alguno de los interruptores se encuentre cerrado (función verdadera) y apagada cuando los dos interruptores se encuentren abiertos (función falsa).

En electrónica, la suma lógica (OR) se representa como dos interruptores en paralelo; siendo equivalente un interruptor abierto a un 0 y un interruptor cerrado a un 1 (figura 4.43).



↑ **Figura 4.43.** Función OR.

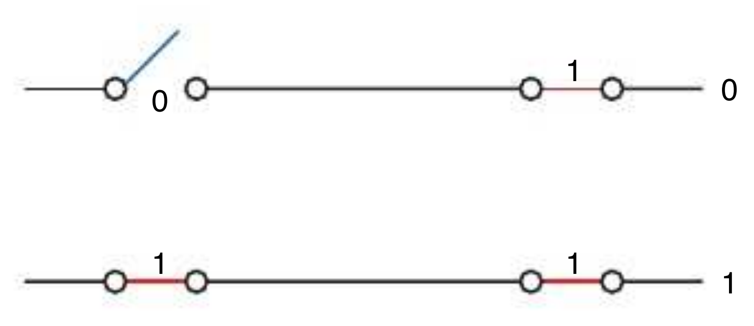
Por lo tanto, a nivel de bits la suma lógica se interpreta como que el resultado es 1 si alguna entrada es 1.

2ª Producto lógico (AND): el símbolo del producto se sustituye por AND

$$a \cdot b \Rightarrow a \text{ AND } b$$

Equivale a la «**y**» de las frases copulativas: es verdadero si las dos proposiciones son verdaderas, y falsa si alguna es falsa.

De forma electrónica, el producto lógico (AND) se representa como dos interruptores en serie; siendo equivalente, de nuevo, un interruptor abierto a un 0 y un interruptor cerrado a un 1:



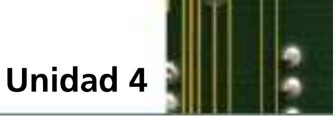
↑ **Figura 4.44.** Función AND.

Decimal	Binario
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

↑ **Tabla 4.4.** Numeración decimal y binario.

saber más

Se denomina álgebra de Boole en honor al matemático británico del siglo XIX George Boole (1815-1864), que definió las operaciones que se podían realizar con la lógica combinacional, y los teoremas resultantes, todos realizados a partir del valor lógico «1» y el valor lógico «0» que pueden tomar las entradas y salidas.



3ª Complementación (negación): cambia el resultado al valor contrario a NOT

Es verdadero si la proposición es falsa, y falso si es verdadera.

A nivel de bits la negación se interpreta como que el resultado es 1 si la entrada es 0 y viceversa.

Puertas lógicas

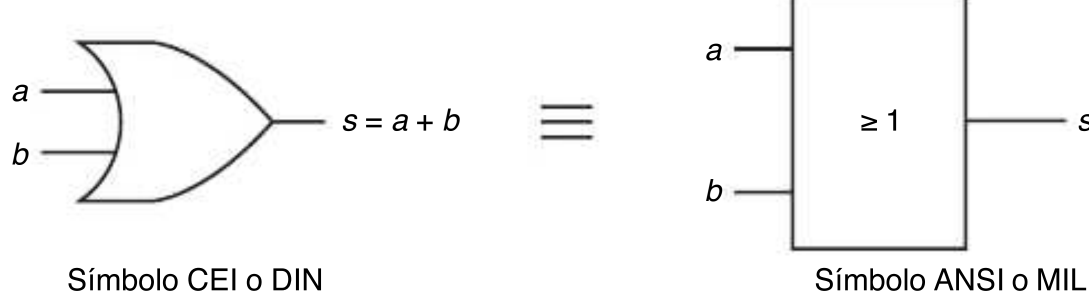
Son operadores lógicos que nos permiten realizar las operaciones del álgebra de Boole. Se encuentran dentro de circuitos integrados denominados SSI *(Short Scale Integration)*, llamados así porque integran dentro hasta 10 puertas lógicas.

La tabla de verdad de una función lógica representa todas las combinaciones posibles de las variables de entrada, en binario natural, y el resultado de operar la función lógica para cada combinación.

Las puertas lógicas básicas más empleadas son las siguientes:

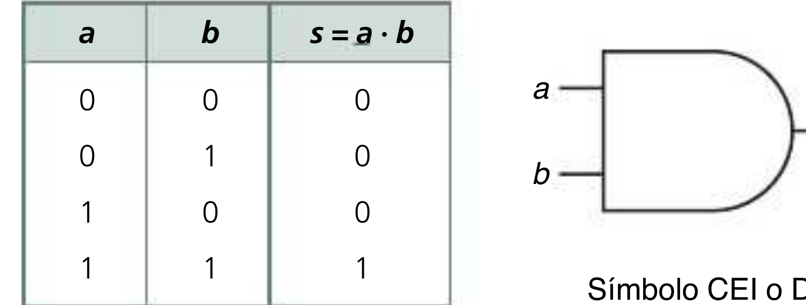
Puerta sumadora. Puerta OR (operación O)

a	*b*	*s = a + b*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



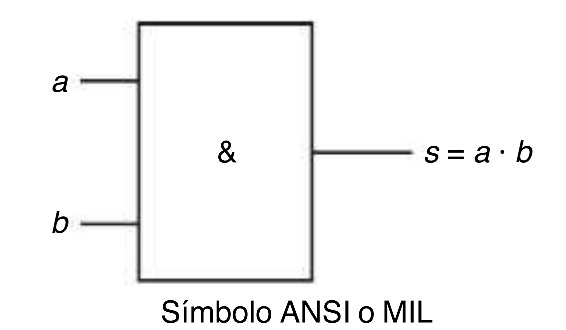
↑ **Figura 4.45.** Tabla de verdad y símbolo de la puerta OR.

Puerta multiplicadora. Puerta AND (operación Y)



a	*b*	*s = a · b*
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

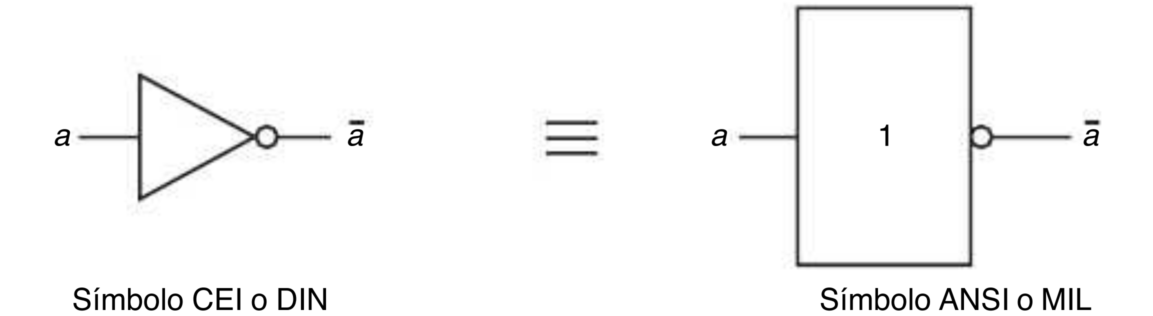




↑ **Figura 4.46.** Tabla de verdad y símbolo de la puerta AND.

Puerta inversora. Puerta NOT (operación NO)

a	$s = \bar{a}$
0	1
1	0



↑ **Figura 4.47.** Tabla de verdad y símbolo del inversor o puerta NOT.

Las puertas lógicas se emplean para fabricar los circuitos integrados digitales.

5. Captadores y generadores de señales

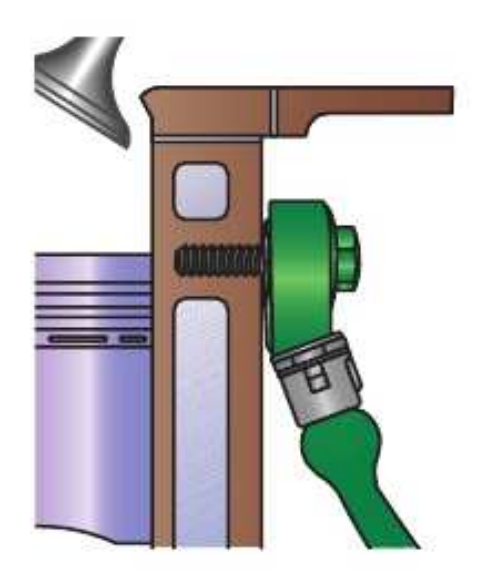
5.1. Sensor piezoeléctrico

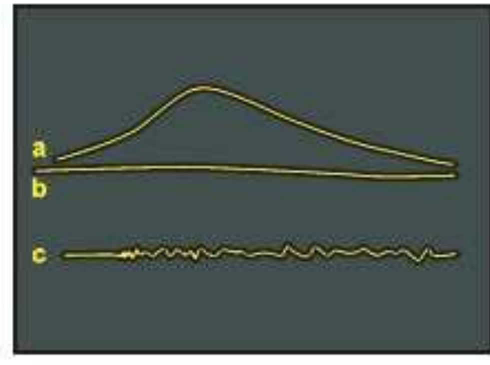
Está constituido por un cuerpo cerámico, cristal de cuarzo o silicio, que tiene la propiedad de producir cargas eléctricas si se le somete a la acción de un esfuerzo que le produzca deformación.

Son empleados en automoción como sensores de picado (detonación) en función de las vibraciones del motor, como medidor de presión del circuito de ABS/ESP (figura 4.48) o medidor de la presión en el colector de admisión.

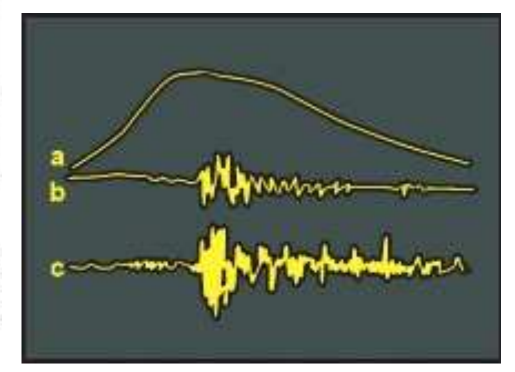


↑ **Figura 4.48.** Sensor piezoeléctrico de presión.





Sin detonaciones



Con detonaciones

Señales del sensor de detonaciones

El sensor de detonaciones emite una señal (a) que corresponde a la variación de presión (a) en el cilindro. La señal de presión emitida se representa en (b).

↑ **Figura 4.49.** Sensor piezoeléctrico colocado en el bloque motor.

5.2. Medidor de masa de aire por hilo caliente

La medición de masa de aire por hilo caliente (figura 4.50) está basada en la tendencia al enfriamiento de un hilo conductor (hilo de platino) previamente calentado y mantenido a una temperatura constante por encima de la temperatura del aire de admisión. Si aumenta el caudal o la densidad del aire, el hilo tiende a enfriarse o a disminuir su resistencia. Esto provoca un desequilibrio que el circuito de regulación corrige elevando la corriente de calefacción hasta la temperatura inicial. De esta forma existe una relación entre el flujo de aire y la corriente de calefacción.

El medidor de masa de aire por hilo caliente se emplea en motores Diesel y gasolina actuales, ha sustituido al medidor de masa de aire de trampilla y potenciómetro antiguo y es un componente fundamental en la gestión de la inyección del combustible en el motor.

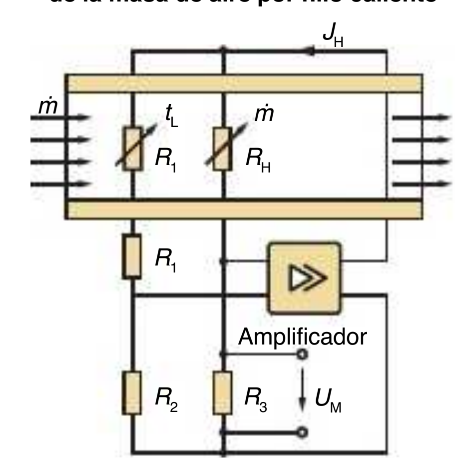
Comprobación de un caudalímetro con el polímetro

La comprobación se realiza sin desconectar la clema de conexión del caudalímetro, pinchando con las puntas del polímetro en la parte posterior de la conexión figura 4.51.

La tensión de alimentación U_1 se realiza pinchando en el cable de alimentación positiva y masa.

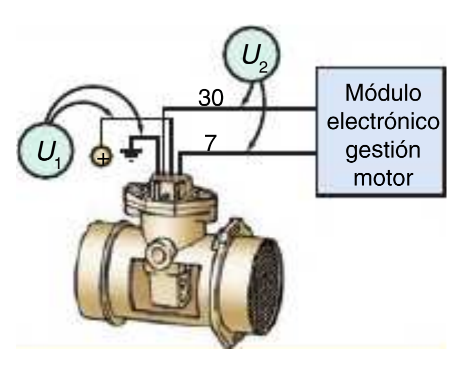
Tensión de salida U_2 se realiza pinchando en el cable de tensión de salida positiva y masa, al acelerar el motor aumenta el caudal de aire y en consecuencia la tensión de salida regulada del caudalimetro U_2 Por ejemplo al ralentí 1 V según aumenta el

Circuito de puente del medidor de la masa de aire por hilo caliente



R_H	Hilo caliente
R_H	Sonda de compensación térmica
R_1, R_2	Sonda de compensación térmica
R_3	Resistencia de medición de precisión
U_M	Tensión de señal para caudal de masa de aire
J_H	Corriente calefactora
$\dot{m}$	Masa de aire circulante por unidad de tiempo
t_L	Temperatura del aire

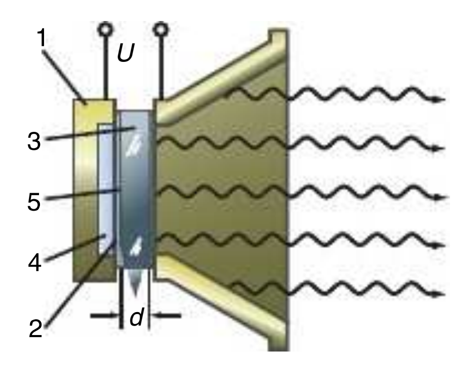
↑ **Figura 4.50.** Esquema de un medidor de masa por hilo caliente.



↑ **Figura 4.51.** Conexión del voltímetro.

saber más

Principio de un transductor para la conversión de energía eléctrica en energía acústica (emisor)



El transductor va instalado en el detector ultrasónico de movimientos.

1. Anillo o disco metálico para alimentación de tensión
2. Electrodos (láminas metálicas)
3. Disco de cristal
4. Aire
5. Superficies de radiación de sonido en el cristal

↑ **Figura 4.52.** Transductor acústico piezoeléctrico.

número de revoluciones del motor, la tensión de salida aumenta hasta los 4 V. Los valores de entrada de tensión y de tensión de salida regulada exactos así como los pins de conexión se deben comprobar con los datos del esquema del fabricante.

5.3. Transductor ultrasónico

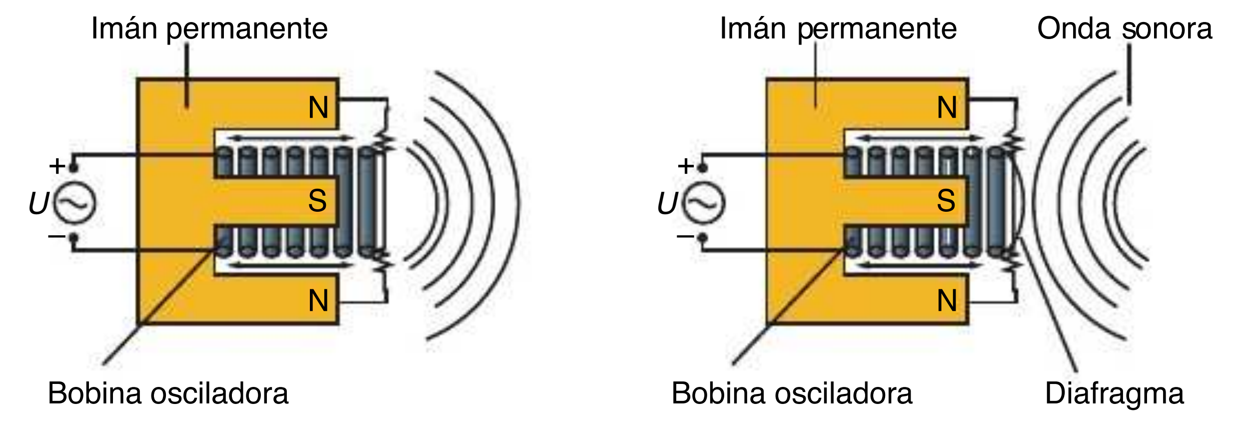
Los ultrasonidos son vibraciones sonoras con frecuencias superiores a 20 kHz. Los transductores ultrasónicos son generadores acústicos que trabajan con una frecuencia constante, 40 kHz para autoalarmas y 38,4 kHz para sistemas de aparcamiento.

En automoción se emplean dos tipos de generadores de ultrasonidos:

- **Generador acústico piezoeléctrico** (figura 4.52), constituido por una plaquita de cristal que varía su espesor bajo la acción de un campo eléctrico.

  Si le aplicamos una tensión alterna la plaquita comienza a vibrar, siendo muy intensa la vibración cuando la frecuencia propia de la plaquita coincide con la de la tensión alterna aplicada. Las ondas sonoras emitidas son reflejadas por los objetos y captadas por el mismo sensor o uno similar, determinando el movimiento al cambiar las propiedades de la onda reflejada (fase, amplitud, frecuencia).

- **Generador acústico de bobina osciladora**, constituido por un imán permanente y una bobina que oscila cuando se le aplica una tensión alterna (figura 4.53). Al aplicarle la corriente alterna a la bobina, esta crea un campo magnético alterno que actúa en contra del campo magnético constante del imán permanente, con lo que la bobina oscila con la frecuencia de la tensión alterna, la bobina comunica con una membrana o diafragma, el cual a su vez oscilará con la misma frecuencia moviendo el aire generando ondas sonoras. Estas ondas chocan con los objetos interpuestos en su camino regresando por reflexión y son captadas por el diafragma tras un periodo determinado de tiempo, el cual es proporcional a la distancia recorrida por la onda sónica. Las ondas reflejadas mueven el diafragma y este a su vez la bobina con una frecuencia concreta produciendo esta tensión alterna de la misma frecuencia.



↑ **Figura 4.53.** Transductor ultrasónico de bobina osciladora.

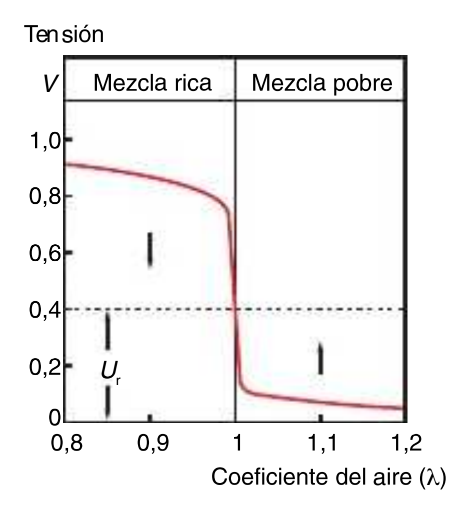
5.4. Sonda Lambda



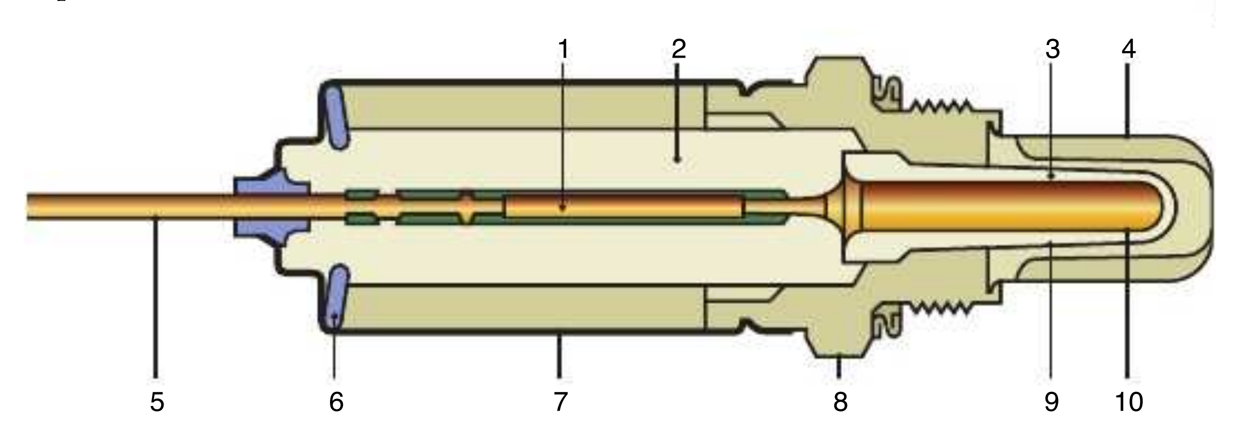
↑ **Figura 4.54.** Sonda Lambda desmontada del escape.

Tiene como misión medir la cantidad de oxígeno residual de los gases de escape del motor, para regular la cantidad de combustible inyectado y lograr una combustión óptima. La sonda Lambda está constituida por un cuerpo cerámico alojado en una carcasa que le protege mecánicamente y sirve de soporte figura 4.54. La parte exterior del cuerpo cerámico está en contacto con los gases quemados del escape, estando la parte interior en contacto con el aire ambiente.

El cuerpo está constituido esencialmente por dióxido de circonio en cuyas superficies se encuentran dos electrodos de platino muy finos y permeables a los gases. El lado expuesto a los gases va recubierto de una capa cerámica porosa para protección contra los residuos de combustión. El principio de funcionamiento de la sonda se basa en que el material cerámico se vuelve conductor para los iones de oxígeno a partir de los 300 °C. Si el contenido de oxígeno no es igual a cada lado de la sonda, se origina una curva de tensión eléctrica entre 100 y 1.000 mV que manda a la unidad de control, con un punto de inflexión y salto para $\lambda = 1$ de 400 mV (figura 4.55). Por debajo de 400 mV, la mezcla es pobre y con tensiones superiores a los 400 mV, la mezcla es rica.



↑ **Figura 4.55.** Gráfica de tensión de la sonda Lambda.



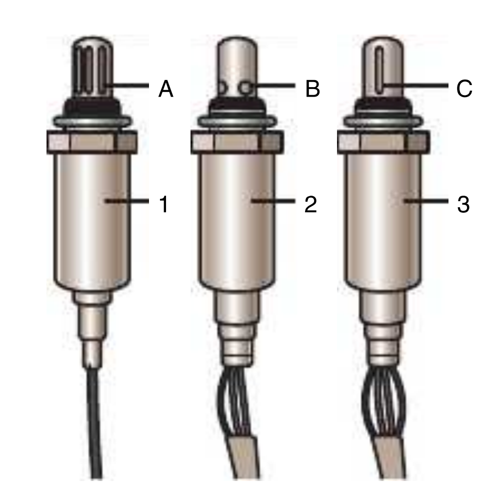
1. Elemento de contacto 2. Cuerpo cerámico de protección 3. Cuerpo cerámico de la sonda 4. Tubo protector (lado de gases de escape) 5. Conexión eléctrica 6. Arandela Belleville 7. Casquillo protector (lado de aire) 8. Cuerpo (–) 9. Electrodo (–) 10. Electrodo (+).

↑ **Figura 4.56.** Sonda Lambda seccionada.

Las sondas lambdas empleadas en los motores modernos funcionan a unos 150 °C y disponen de un elemento calefactor tipo PTC para calentar la sonda y que empiece a trabajar rápidamente.

Tipos de sonda Lambda:

- **Tipo 1-Sonda Lambda no calefactable.** Dispone de ranuras tipo A (figura 4.57), empleada en los motores con inyección de gasolina Mono-Jetronic con catalizador tiene un solo cable de color negro que manda la tensión lambda.
- **Tipo 2-Sonda Lambda calefactable.** El cabezal dispone de orificios tipo B, se emplea en los motores con inyección Mono-Jetronic , la conexión se realiza con tres cables, dos de caldeo y uno de tensión lambda.
- **Tipo 3 Sonda Lambda calefactable.** El cabezal dispone ranuras tipo C, se emplea en los motores con inyección Mono-Jetronic, la conexión se realiza con tres cables, dos de caldeo y uno de tensión lambda.
- **Sonda Lambda de regulación continua (plana de banda ancha).** Se monta en los motores que cumplen la norma anticontaminación Euro 4, la conexión con la unidad de control se realiza con un conector de seis vías con un circuito electrónico incorporado. Esta sonda es imprescindible en los motores de inyección directa.



↑ **Figura 4.57.** Tipos de sondas Lambda 1, 2, 3.



↑ **Figura 4.58.** Sonda Lambda montada en el escape.

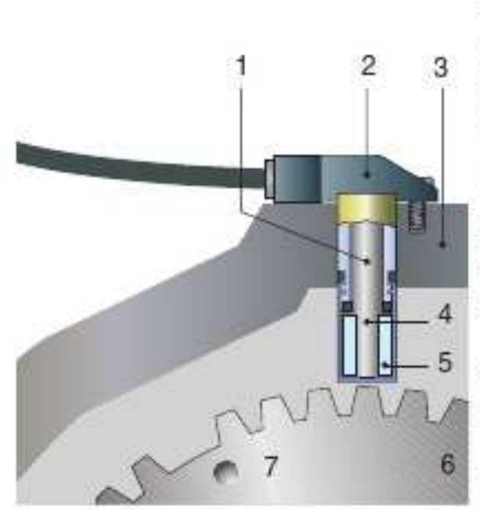
5.5. Generador de impulsos inductivo (transmisor inductivo)

Los transmisores inductivos son sensores positivos de campo magnético de dispersión.

Están compuestos por un imán permanente, un núcleo de hierro dulce, un devanado formado por un cuerpo y una rueda dentada animada de movimiento

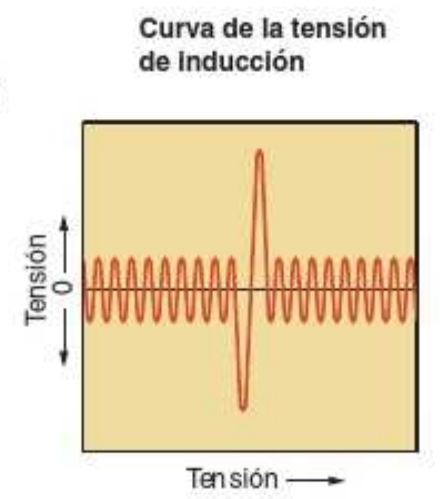
(Figura 4.59). El campo magnético creado por el imán permanente, pasa por el núcleo de hierro dulce donde es parcialmente concentrado, cerrándose el campo, a través del aire y de los elementos en contacto con el transmisor de buena conductividad magnética. La rueda dentada, o un perno de acero que se desplazan ante el extremo frontal del trasmisor, influyen en el sentido y valor del campo magnético. Esta variación del campo magnético induce en la bobina una tensión eléctrica que depende directamente del régimen de giro de la rueda dentada y del flujo magnético creado.

Son empleados en el campo de automoción para transmitir el número de revoluciones del motor y la posición exacta del cigüeñal para el punto de encendido, captadores de revoluciones de las ruedas en sistemas antibloqueo, etc.



Transmisores de régimen (derecha) y de referencia angular (izquierda)

1. Imán permanente
2. Cuerpo
3. Bloque del motor
4. Núcleo de hierro dulce
5. Devanado
6. Corona dentada del volante de inercia
7. Marca de referencia



↑ **Figura 4.59.** Generador de impulsos inductivos y gráfica.

A_1, A_2 Capa Hall
U_H Tensión Hall
B Campo magnético (dens. de flujo)
I_V Corriente de alimentación constante

↑ **Figura 4.60.** Generador Hall.

5.6. Generador de efecto Hall (transmisor Hall)

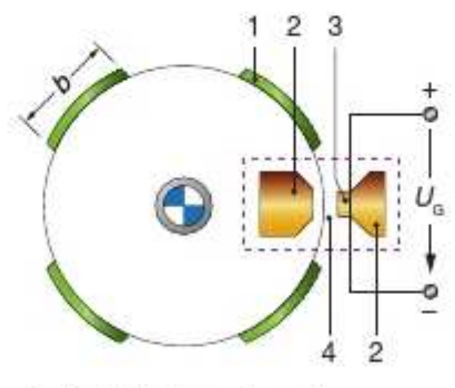
Si una corriente atraviesa una capa de semiconductor (capa Hall) expuesta a las líneas de fuerza de un campo magnético, los electrones son desplazados perpendicularmente a la dirección de la corriente y del campo magnético (figura 4.60). Este fenómeno es conocido como efecto Hall. En A_1 se origina un exceso de electrones, mientras en A_2 una falta de estos; en consecuencia aparece una tensión (del orden de milivoltios). Si la corriente es constante, la tensión Hall depende solamente de la intensidad del campo magnético.

El generador Hall (figura 4.61), se compone de una parte fija, la barrera magnética (imán permanente, circuito integrado con semiconductor) y de otra giratoria, el tambor obturador.

Cuando una pantalla del tambor penetra en el entrehierro de la barrera magnética, desvía el campo magnético impidiendo que pase al circuito integrado, la capa Hall se queda sin campo, con lo que la tensión U_H se hace mínima. Al abandonar la pantalla, el campo atraviesa la capa, y la tensión U_H alcanza un máximo.

Los captadores Hall son utilizados como medidores de campo magnético, transmisores de distancia recorrida, captadores de revoluciones etc.

Los primeros captadores del tipo Hall se montaron en los distribuidores de encendido en los encendidos electrónicos (figura 4.61). Actualmente el captador Hall se monta en muchos circuitos ganando terreno al captador inductivo.



1. Pantalla de anchura b
2. Pieza conductora con núcleo magnético de hierro dulce
3. Circuito integrado Hall
4. Entrehierro

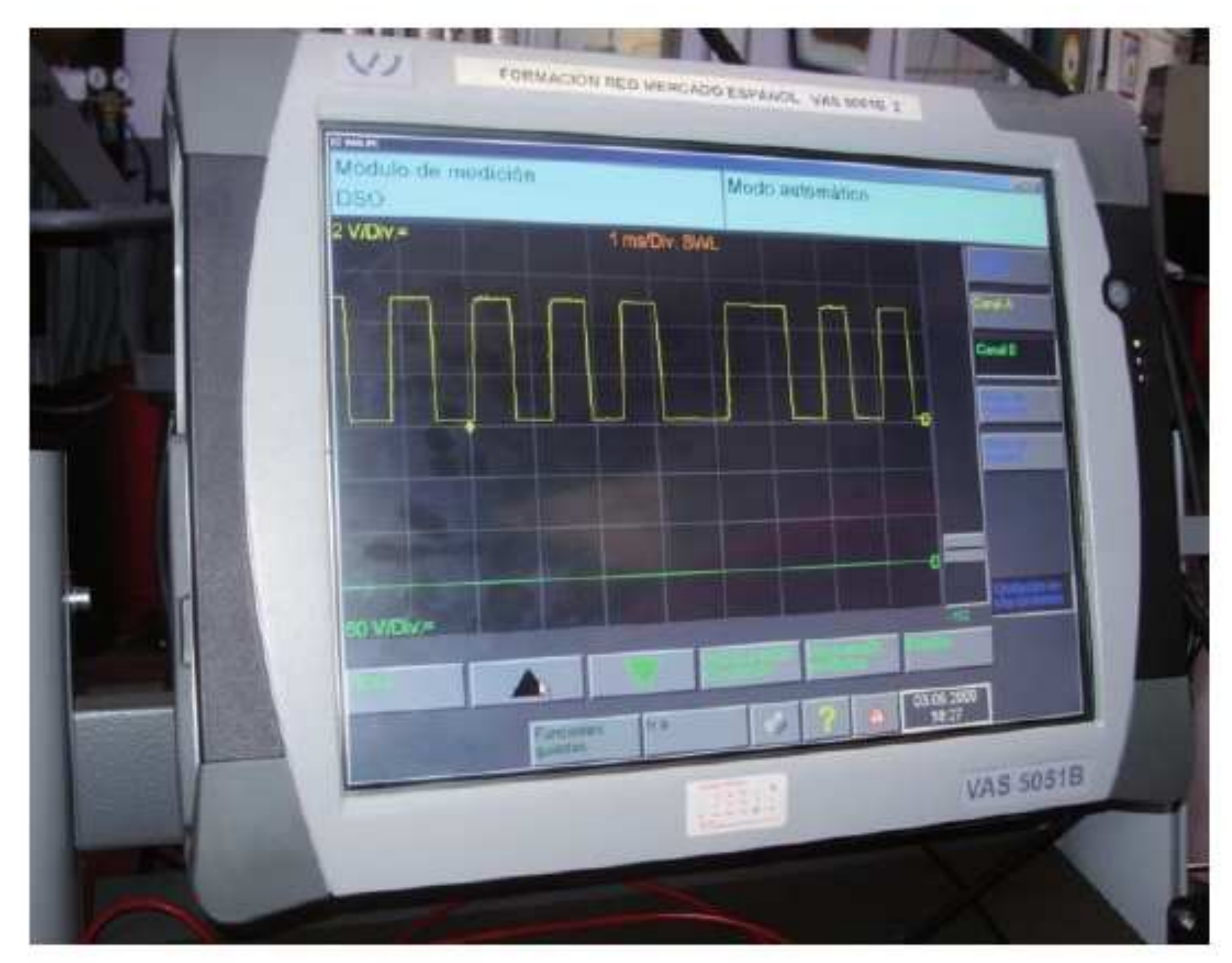
U_G Tensión del generador de impulsos

↑ **Figura 4.61.** Efecto Hall.

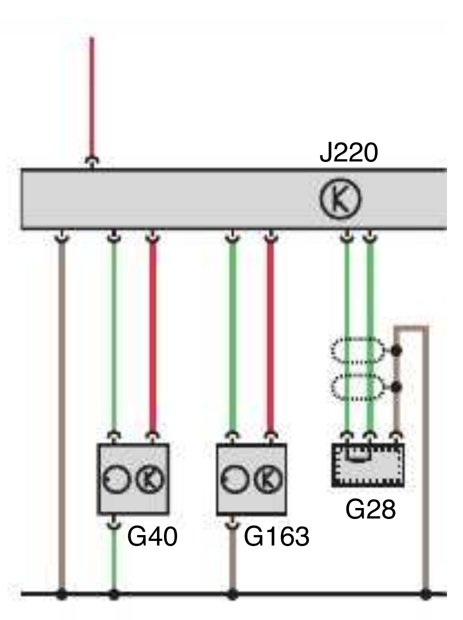


El sensor o captador Hall es más preciso que el inductivo, por ejemplo, los captadores de posición del árbol de levas que determinan el momento exacto de la inyección son captadores Hall.

En la figura 4.63 aparece la señal característica de los sensores Hall, medida con un osciloscopio, es una señal cuadrada con una tensión de cero a cinco voltios.



↑ **Figura 4.63.** Señal eléctrica de un captador Hall en un osciloscopio.



↑ **Figura 4.62. Esquema eléctrico de conexión de los dos captadores Hall de una distribución variable G 40 y G 163.**

Los transmisores Hall necesitan alimentación eléctrica para funcionar, disponen de tres cables, positivo alimentación, negativo o masa y tensión generada o señal del captador (figura 4.62).

La comprobación de la alimentación eléctrica del captador se realiza con el voltímetro.

El valor de tensión depende del componente a comprobar siendo comúnmente de 5 voltios o próximo a la tensión de batería.

saber más

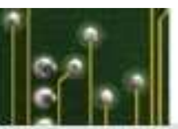
Algunos captadores Hall de última generación disponen de dos cables. El sensor Hall G182 del cambio automático 01V de Audi se alimenta con tensión por el pin 16. La señal del sensor y la alimentación de masa se establecen a través del pin 44.

ACTIVIDADES

1. Representa el circuito de alumbrado intensivo de un automóvil, con componentes normalizados.
2. Investiga y posteriormente relaciona en qué circuitos del automóvil se encuentran termistores.
3. Representa el circuito de maniobra de un vehículo del taller por medio de componentes normalizados.
4. Consulta y posteriormente explica en qué consisten las puertas lógicas.
5. Localiza en un vehículo que dispongas en el taller todos los captadores inductivos y Hall que disponga, indicando la función que realizan.
6. Localiza en el mismo vehículo anterior las sondas Lambda que dispone.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. ¿De qué factores depende la resistencia de un resistor?
- 2. ¿Qué se entiende por resistividad?
- 3. Comenta las diferencias entre resistencias PTC y NTC.
- 4. ¿Qué es un varistor?
- 5. ¿Para qué se introduce en el seno de una espira un núcleo de material ferromagnético?
- 6. Define qué es un condensador.
- 7. ¿Qué magnitud caracteriza un condensador?
- 8. ¿Qué factores afectan la capacidad de los condensadores?
- 9. ¿Qué es un semiconductor?
- 10. ¿Qué ocurre si polarizamos directamente un diodo?
- 11. Describe las diferencias entre un semiconductor intrínseco y uno extrínseco.
- 12. ¿Cuál es la composición del diodo?
- 13. ¿Cómo se comporta el diodo Zener?
- 14. Explica cómo se comporta la unión P-N.
- 15. Dibuja un esquema y explica el funcionamiento de un transistor N-P-N.
- 16. Repite el ejercicio anterior para un transistor P-N-P.
- 17. Explica que es la tabla de la verdad de una puerta lógica y dibuja la tabla de la verdad de la puerta OR.
- 18. Explica la misión de la sonda Lambda y su principio de funcionamiento.
- 19. Explica las diferencias entre un captador inductivo y otro del tipo Hall.



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. La resistencia calefactora de una sonda Lambda es…

a) Resistencia variable con la tensión.
b) Resistencia variable con la luz.
c) Resistencia con coeficiente de temperatura negativo.
d) Resistencia con coeficiente de temperatura positivo.

2. La capacidad de un condensador se mide en...

a) Culombios.
b) Voltios.
c) Radianes por segundo.
d) Faradios.

3. El contacto tipo Reed de un relé diferencial está constituido por...

a) Dos láminas de material ferromagnético.
b) Una lámina de material paramagnético.
c) Dos láminas de material diamagnético.
d) Una lámina de material diamagnético.

4. ¿Cómo está polarizado un diodo que no conduce?

a) Directamente.
b) Inversamente.
c) Insuficientemente.
d) Al revés.

5. Cuando la corriente por el diodo es grande, la polarización es…

a) Directa.
b) Inversa.
c) Escasa.
d) Al revés.

6. ¿Cuál de las afirmaciones siguientes es cierta con respecto a la tensión de ruptura de un diodo Zener?

a) Disminuye al aumentar la corriente.
b) Es aproximadamente constante.
c) Destruye el diodo.
d) No hay tensión de ruptura en el diodo Zener.

7. ¿Cuál es una de las cosas más importantes que hace un transistor?

a) Amplifica señales débiles.
b) Rectifica la tensión de red.
c) Regula la tensión.
d) Emite luz.

8. ¿Cuántas zonas de dopado tiene un transistor?

a) 1.
b) 2.
c) 3.
d) 4.

9. La ganancia de corriente de un transistor se define como la relación entre corriente de colector y…

a) La corriente de base.
b) La corriente de emisor.
c) La corriente de la fuente de alimentación.
d) La corriente de colector.

10. Un tiristor se puede usar como…

a) Una resistencia.
b) Un amplificador.
c) Un interruptor.
d) Una fuente de alimentación.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Polímetros digitales

MATERIAL

- Fuente de alimentación estabilizada con salida de tensión variable
- Entrenador de electrónica
- Potenciómetro de 1 kΩ o similar
- Lamparita de 12 V

Realización de un circuito con lámpara comandada por un potenciómetro

OBJETIVO

Comprobar la utilidad de un potenciómetro como regulador de la tensión aplicada a una lámpara.

PRECAUCIONES

Procurar siempre no tener tensión en un elemento a la hora de efectuar mediciones de resistencia y continuidad ya que puede provocar una avería en el polímetro.

DESARROLLO

1. Examinamos los elementos a utilizar:

- Lámpara: comprobamos la continuidad.
- Potenciómetro: comprobamos si varía la resistencia entre el terminal del centro y uno de los extremos cuando variamos el cursor. El valor debe variar desde 0 hasta el valor máximo del potenciómetro, 1 kΩ en este caso.

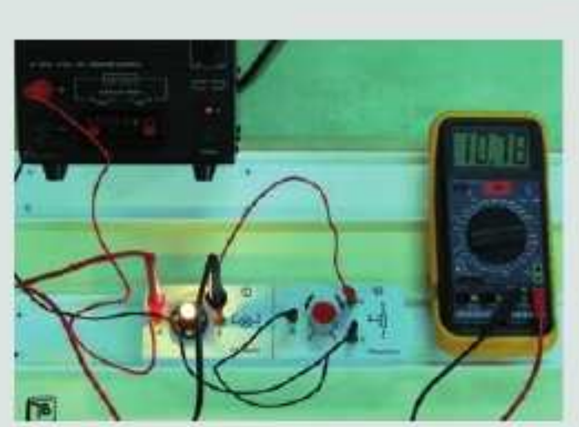
Realizamos el circuito tal como se ve en la figura 4.64. Con la fuente de alimentación aplicamos al circuito una tensión de 12 V. Variamos la posición del cursor del potenciómetro hasta ver que la lámpara luce a un nivel medio. A continuación, con el polímetro en la escala de 20 V comprobamos la tensión aplicada a la lámpara (véase la figura 4.65) y la caída de tensión en el potenciómetro (véase la figura 4.66). Repetimos la práctica con el cursor en otra posición (véase la figura 4.67).



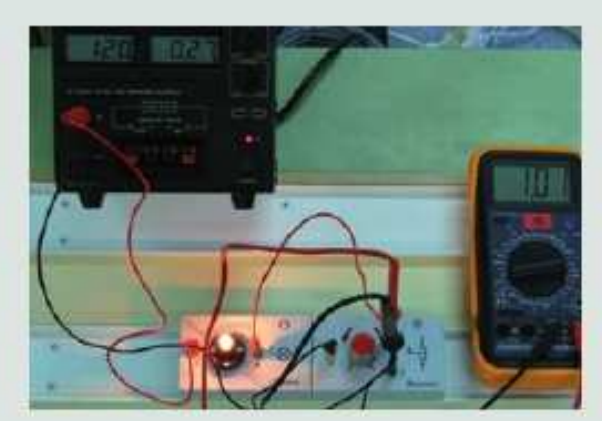
↑ **Figura 4.64.**



↑ **Figura 4.65.**



↑ **Figura 4.66.**



↑ **Figura 4.67.**

Comprobar con un polímetro un captador de temperatura del motor (resistencia NTC) y cambiarlo

HERRAMIENTAS

- Polímetro digital

MATERIAL

- Motor en funcionamiento.

OBJETIVO

Comprobar la resistencia de un captador de temperatura NTC con el polímetro digital para cambiarlo si fuese necesario.

PRECAUCIONES

Quitar el líquido refrigerante y purgar el circuito al volver a cargarlo.

Tener en cuenta que al calentar el motor se pueden producir quemaduras.

DESARROLLO

1. Quitar la conexión eléctrica del captador con la unidad de control (figura 4.68)
2. Con el motor parado en frío a +-20 °C comprobar la resistencia del captador +-6.100Ω (figura 4.69) al medir con polímetro se debe emplear la escala de KΩ la medida es de 6,09 KΩ, la medida es correcta.



↑ **Figura 4.68.** Desconectar la clema.



↑ **Figura 4.69.** Medir con el polímetro en KΩ.

3. Arrancar el motor y con el motor caliente a +-80 °C la resistencia debe ser de aproximadamente 600Ω, al medir se comprueba que no baja la resistencia como debiera, se mantiene en 6.000Ω aproximadamente lo que nos indica que la resistencia interna no está bien y es necesario sustituir el captador.
4. Parar el motor y esperar que se enfríe, una vez frío quitar el líquido refrigerante del motor, para evitar que se pierda al extraer el captador.
5. Sacar la fijación del sensor con un destornillador plano (figura 4.70)
6. Quitar el sensor y sustituirlo por uno recambio (figura 4.71) al añadir el líquido purgar el circuito.



↑ **Figura 4.70.** Clip de fijación.



↑ **Figura 4.71.** Sustituir el sensor.

MUNDO TÉCNICO

El proyecto Connected Car

El coche domótico ya es una realidad. El proyecto Connected Car, en el que trabajan ingenieros vigueses del Centro Tecnológico de la Automoción de Galicia (CTAG), se presentó a principios del 2010 a las grandes multinacionales de las cuatro ruedas para que lo valoren e incorporen –si quieren– a sus propios modelos.

El proyecto, impulsado conjuntamente por Telefónica España y Ericsson, persigue controlar todos los dispositivos del hogar (ordenador, teléfono, luz…) desde el asiento del coche, y viceversa. Tras un año de trabajo, técnicos de ambas empresas y del CTAG dan los últimos repasos a un sistema llamado a revolucionar las telecomunicaciones en marcha.

El Connected Car permite al conductor transferir archivos, descargar contenidos de Internet y controlar desde el vehículo aquellas acciones que dependan de aplicaciones electrónicas en el hogar. De la misma forma, también permite tener acceso al ordenador del automóvil desde casa.

La conexión entre el vehículo y el hogar se lleva a cabo gracias a la tecnología IMS (IP Multimedia Subsystems), a través de una pantalla táctil, un teléfono o PDA. El dispositivo también avisa de situaciones de riesgo en la calzada e indica en todo momento la localización exacta del coche.

En caso de accidente, los servicios sanitarios podrían realizar incluso un diagnóstico en tiempo real de los pasajeros.

«Vamos a presentar el proyecto en ferias de electrónica y a los fabricantes de coches», confirma Roberto Guerrero, responsable de proyecto de la Gerencia de Innovación Tecnológica de Telefónica España.

El Connected Car es un ejemplo más de los avances tecnológicos que ha sufrido la industria del automóvil en los últimos veinte años.

Un coche moderno suele tener una media de 200 sensores a bordo, capaces de medir desde la presión de los neumáticos a la temperatura del parabrisas. Un Lexus de gama alta –la marca de lujo de Toyota–, por ejemplo, contiene una media de 67 microprocesadores, pero incluso el turismo más barato del mundo, el Tata Nano, tiene una docena.

En este sentido, el CTAG es un centro pionero en el desarrollo de nuevos sistemas para la industria del automóvil. Uno de los más representativos es el Traffic Signal Recognition, sistema capaz de detectar la señalización de las carreteras y ajustar la conducción de forma automática. El TSR combina dos tecnologías diferentes: una cámara que detecta e identifica la señal, y un mecanismo de fotografía digital con sistema de localización por GPS.

El centro vigués también trabaja en temas relacionados con el coche eléctrico, en concreto, en cómo deben ser los puntos de recarga de este tipo de vehículos.

J.C. - VIGO

Faro de vigo.es



EN RESUMEN

COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS BÁSICOS

- **COMPONENTES PASIVOS**
  - Resistencias
    - Fijas
    - Variables
      - PTC
      - NPC
  - Condensadores
  - Bobinas
  - Relés
- **COMPONENTES ACTIVOS**
  - Diodos
    - Zener
    - Varicap
    - Fotodiodo
    - LED
  - Transistores
  - Tiristores

ELECTRÓNICA DIGITAL

- **Puerta OR**
- **Puerta AND**
- **Puerta NOT**

SONDAS Y CAPTADORES EN VEHÍCULOS

- **Sensores piezoeléctricos**
- **Caudalímetros**
- **Traductor ultrasónico**
- **Sondas Lambda**
- **Captador inductivo Captador Hall**

entra en internet

1. Busca información sobre la comunicación entre módulos electrónicos en los vehículos, Can Bus de datos y Lin Bus.
2. Busca información sobre los captadores y sensores que se emplean actualmente en la gestión de motores y cambios automáticos.

5 Circuitos básicos

vamos a conocer...

1. Aplicación simple de la ley de Ohm
2. Aplicación de las leyes de Kirchhoff
3. Acoplamiento de condensadores

PRÁCTICA PROFESIONAL

Realización de un circuito con varias resistencias en serie

Comprobar un condensador de un encendido por platinos

MUNDO TÉCNICO

El motor Diesel ha evolucionado tanto o más que el de gasolina desde principios del siglo xx

y al finalizar esta unidad...

- Aprenderás a calcular la resistencia de circuitos con resistencias conectadas en serie, paralelo y mixtos.
- Sabrás aplicar las leyes de Kirchhoff.
- Conocerás los acoplamientos de condensadores en serie, paralelo y mixtos.
- Aprenderás a comprobar un condensador.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Rafael tiene un Opel Kadett 16 LS de gasolina del año 91. Su padre, que lo compró nuevo, le ha comentado que el coche dispone de un dispositivo selector del octanaje de la gasolina y que una mala selección puede ocasionar fallos en el funcionamiento del motor.

Rafael llevó el vehículo al concesionario Opel y preguntó al jefe de taller si su modelo dispone del dispositivo selector del octanaje de la gasolina y si se encuentra bien seleccionado.

El jefe de taller le confirmó que efectivamente, en los primeros sistemas de inyección monopunto «Multec » que montó Opel en los modelos Corsa (91),Corsa (93),Kadett (91), Astra (91), Astra-F (93), Vectra (91) disponían de un dispositivo que permitía ajustar el sistema de encendido e inyección al octanaje del combustible que se emplea. La unidad de control es capaz de adaptar su cartografía de encendido y gestión de tiempos de inyección según el octanaje de la gasolina 91 o 95 octanos.

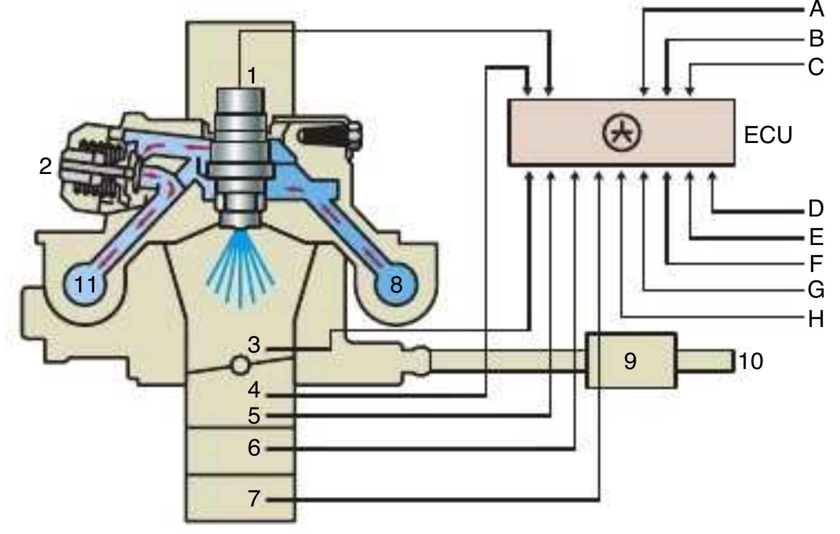
El sistema de control del octanaje está formado por dos resistencias de distinto valor que a través del terminal H del circuito eléctrico informa a la ECU. En las situaciones de cambio de gasolina sin cambiar el selector de octanaje, los avances proporcionados por la UCE o el módulo de encendido pueden no corresponder a la gasolina empleada, originando picado o excesivo retraso.

Para las gasolinas actuales se debe colocar en la posición de 95 octanos.

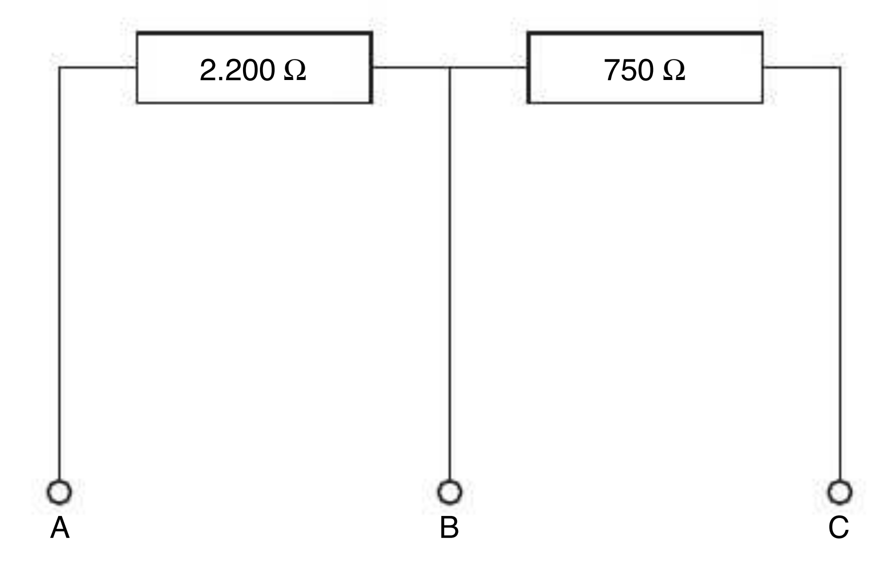
1. Inyector
2. Regulador de presión
3. Sensor de posición de mariposa
4. Motor paso a paso ralentí
5. Sensor de presión absoluta
6. Sensor de temperatura refrigerante
7. Sonda Lambda
8. Entrada de combustible
9. Canister
10. Respiradero del depósito
11. Retorno de combustible

Señales de entrada/salida de la ECU

A. Electrobomba de combustible
B. Testigo luminoso del motor
C. Distribuidor de encendido (Hall)
D. Llave de contacto
E. Distribuidor de encendido (Hall)
F. Batería
G. Sensor de rpm
H. Enchufe de octanaje (95/91)



↑ Esquema del sistema Multec.



↑ Resistencias del dispositivo de arranque.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué importancia crees que tiene el valor óhmico de cada resistencia en el circuito?

2. ¿Crees que las dos resistencias pueden tener el mismo valor 2.200 Ω o 750 Ω?

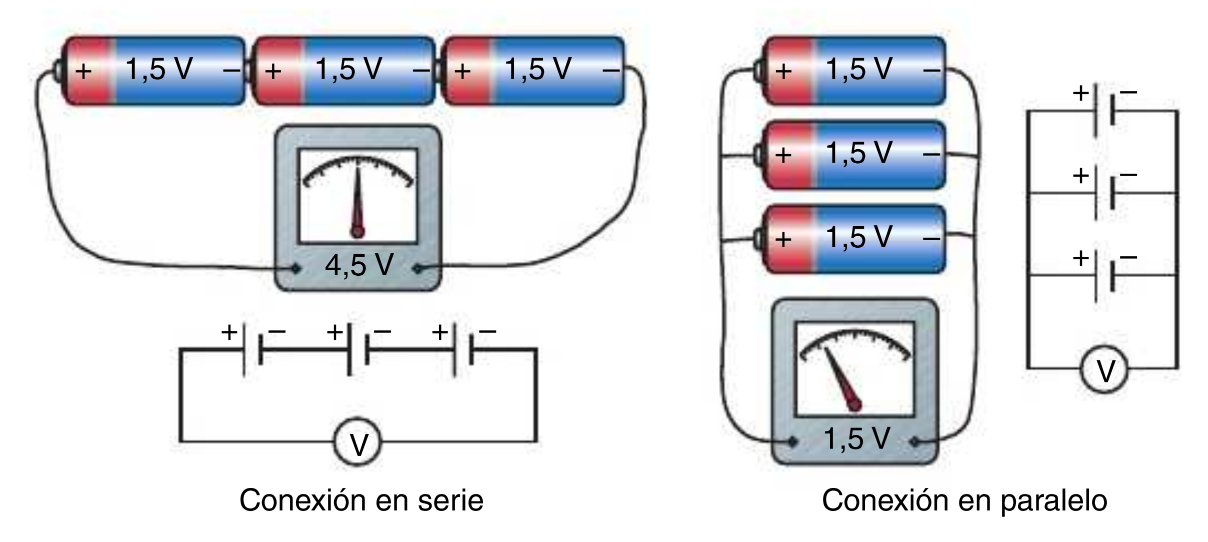
3. ¿Cómo comprobarías con un ohmímetro el funcionamiento del sistema de control de octanaje?



1. Aplicación simple de la ley de Ohm

1.1. Asociación de generadores

Para estudiar como se unen varios generadores vamos a hacer uso del generador más cotidiano, la pila, si bien todo lo siguiente sirve si utilizamos varias baterías de automóvil. En la figura 5.1 se muestran dos circuitos sencillos de corriente continua, uno con los generadores (pilas) conectados en serie y otro con los generadores conectados en paralelo.



→ **Figura 5.1.** Conexión de pilas en serie y en paralelo.

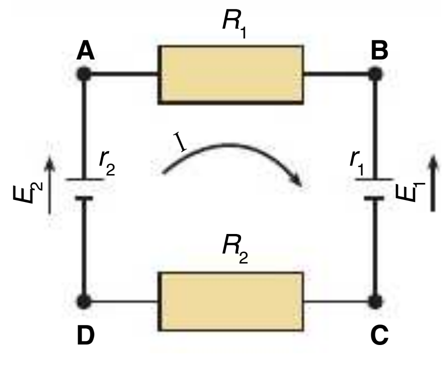
En la conexión en serie de generadores, si se une el terminal negativo de un generador con el positivo del siguiente, la f.e.m total es igual a la suma de las f.e.m cada uno de ellos, si algún generador se colocara al revés de los demás, su f.e.m sería negativa y por lo tanto se restaría.

$$E_{serie} = E_1 + E_2 + E_3$$

En la conexión en paralelo, se unen los terminales negativos y positivos respectivamente. En este caso, la f.e.m total es igual a la correspondiente a un solo generador, en este caso pila.

$$E_{paralelo} = E_1 = E_2 = E_3$$

Consideremos a continuación un circuito como el de la figura 5.2. Las fuerzas electromotrices de las baterías aparecerán en el primer miembro de las ecuaciones con signo positivo si van en el mismo sentido que hemos supuesto para la intensidad, y negativo si es en sentido opuesto.



↑ **Figura 5.2.** Circuito cerrado con baterías y resistencias.

Aplicando la ley de Ohm tendremos:

$$U_A - U_B = I \cdot R_1$$
$$U_B - U_C - E_1 = I \cdot r_1$$
$$U_C - U_D = I \cdot R_2$$
$$U_D - U_A + E_2 = I \cdot r_2$$

y sumando miembro a miembro: $0 - E_1 + E_2 = I\,(R_1 + R_2 + r_1 + r_2)$

de donde:

$$I = \frac{E_2 - E_1}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{\Sigma E}{\Sigma R}$$

siendo r_1 y r_2 las resistencias de las baterías.

La expresión anterior es de máxima importancia, y nos dice:

En un circuito cerrado, la intensidad de la corriente es igual a la suma algebraica de las fuerzas electromotrices, partida por la suma de las resistencias.

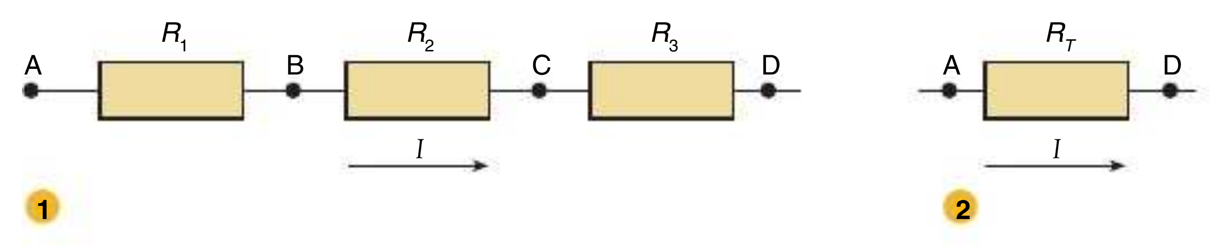
Si tomamos un sentido de I. Las f.e.m. que coincidan en el mismo sentido se consideran positivas y las de sentido contrario negativas. Si el valor de I es positivo, el sentido tomado es el correcto, y si resulta negativo es el contrario del fijado.

caso práctico inicial

La unidad electrónica de control ECU reconoce la gasolina empleada 91 o 95 por el valor óhmico de dos resistencias 2.200 Ω y 750 Ω.

1.2. Suma de resistencias en serie

Aplicando la ley de Ohm, tal y como ya se ha visto, en la figura 5.3, tendremos:



↑ **Figura 5.3.** Una serie de resistencias es equivalente a la suma de estas.

$$U_A - U_B = I \cdot R_1$$
$$U_B - U_C = I \cdot R_2$$
$$U_C - U_D = I \cdot R_3$$

Y sumando miembro a miembro: $U_A - U_D = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$

si aplicamos la misma ley a la resistencia equivalente (R_T):

$$U_A - U_D = I \cdot R_T$$

comparando ambas igualdades:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3\ ;\ R_T = \Sigma R$$

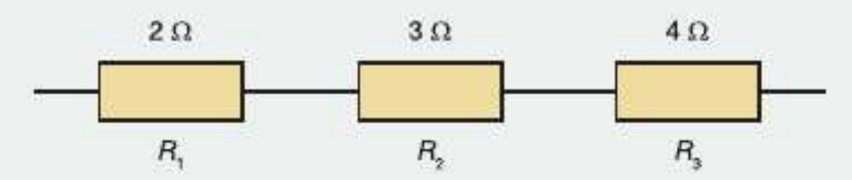
La resistencia equivalente a una serie de resistencias es la suma de estas.

recuerda

Un ohmio (Ω) es la resistencia que deja pasar un amperio cuando se aplica una diferencia de potencial de un voltio.

EJEMPLOS

- Determinar la resistencia equivalente al conjunto de resistencias en serie de la figura.



↑ **Figura 5.4.** Resistencias en serie.

Solución:

La resistencia equivalente será:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 3 + 4 = 9\ \Omega$$

- Calcula la resistencia total del dispositivo de control del octanaje del caso inicial entre los bornes A y C.

Solución:

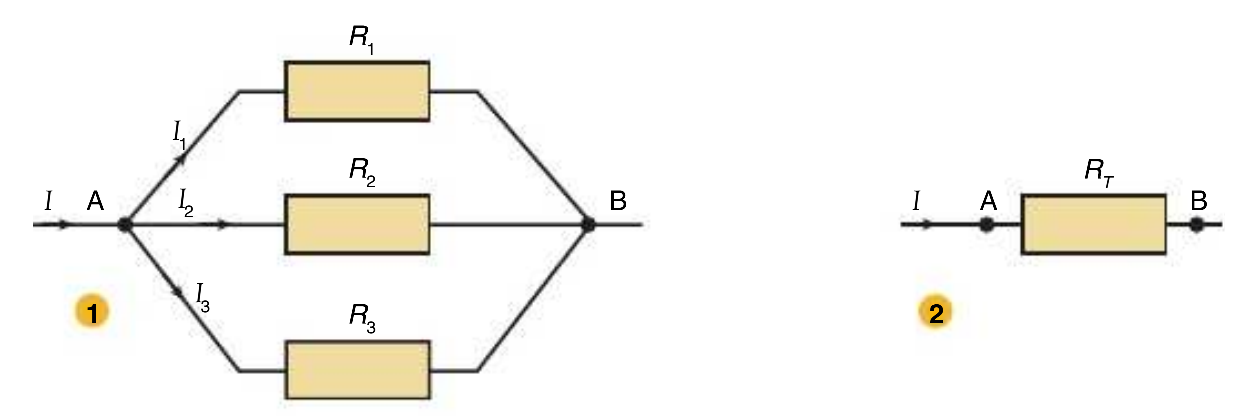
$$R_T = R_1 + R_2 = 2.200 + 750 = 2.950\ \Omega$$



1.3. Suma de resistencias en paralelo

Tomemos un conjunto de resistencias colocadas en paralelo según muestra la figura.

Su resistencia equivalente se determinará:



↑ **Figura 5.5.** Resistencias en paralelo.

Aplicando la primera ley de Kirchhoff, que veremos en esta unidad didáctica: $I = i_1 + i_2 + i_3$; la intensidad que entra en un nudo tiene que ser igual a la suma de las que salen.

Aplicando la ley de Ohm en cada rama de la figura 5.5 (1):

$$I_1 = \frac{U_A - U_B}{R_1} \qquad I_2 = \frac{U_A - U_B}{R_2} \qquad I_3 = \frac{U_A - U_B}{R_3}$$

aplicando la ley de Ohm a la resistencia equivalente de la figura 5.5 (2):

$$I_1 = \frac{U_A - U_B}{R_T} \text{ igualando:}$$

$$\frac{U_A - U_B}{R_T} = \frac{U_A - U_B}{R_1} + \frac{U_A - U_B}{R_2} + \frac{U_A - U_B}{R_3}$$

dividiendo los dos miembros por $U_A - U_B$:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}; \qquad \frac{1}{R_T} = \sum_{a=1}^{a=n} \frac{1}{R_T}$$

La resistencia equivalente a un conjunto de resistencias en paralelo es la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

En los circuitos eléctricos de alumbrado que se realicen en los vehículos o remolques, siempre que sea posible, es mejor conectar las lámparas en paralelo, disminuyendo con esta conexión la resistencia total del circuito.

saber más

Sumar resistencias

Si sumamos resistencias en serie, la resultante es la suma de estas.

Si sumamos resistencias en paralelo, la inversa de la resultante es la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

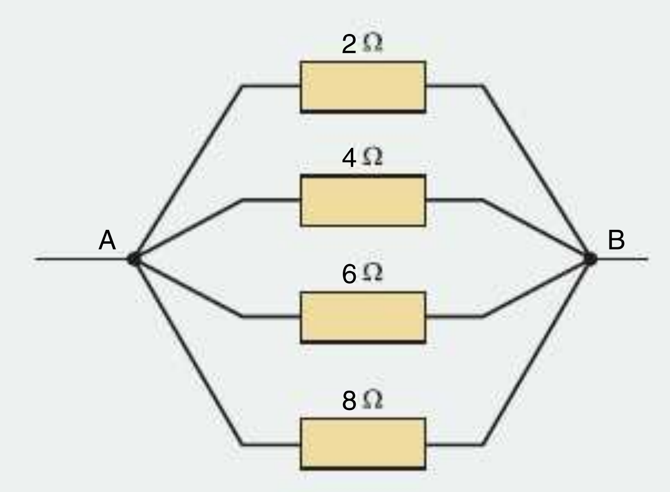
1.4. Suma de resistencias en acoplamiento mixto

Este tipo de montajes consta de un conjunto de resistencias formando diferentes combinaciones serie-paralelo o paralelo-serie. El proceso para determinar su equivalente es la combinación de los sistemas ya descritos anteriormente, teniendo en cuenta que el circuito final, estará compuesto por una o varias resistencias equivalentes parciales, colocadas en serie, formando un circuito cerrado con el generador.



EJEMPLOS

- Determinar la resistencia equivalente al conjunto de resistencias en paralelo de la figura.



↑ **Figura 5.6.** Resistencias en paralelo.

Solución:

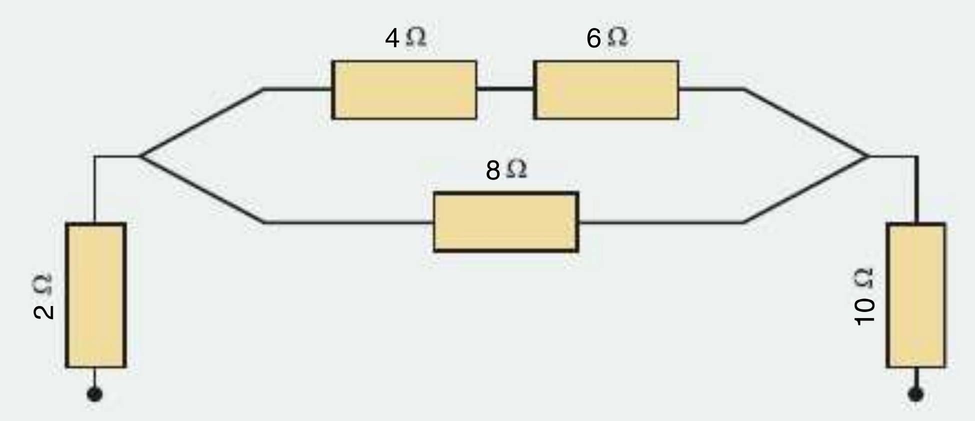
La resistencia equivalente valdrá:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8}$$

de donde:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}+\frac{1}{8}} = \frac{1}{\frac{25}{24}} = \frac{24}{25} = 0{,}96\,\Omega$$

- Determinar la resistencia equivalente al conjunto de resistencias en acoplamiento mixto de la figura.



↑ **Figura 5.7.** Resistencias en acoplamiento mixto.

Solución:

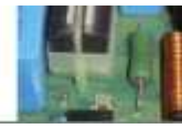
Reducimos a una las resistencias de 4 y 6 Ω.

$R_a = 4 + 6 = 10\ \Omega$, y reduciendo a una el conjunto mixto:

$$R_b = \frac{1}{\frac{1}{10}+\frac{1}{8}} = \frac{1}{\frac{9}{40}} = \frac{40}{9} = 4{,}\overset{\frown}{44}\,\Omega$$

y la resistencia total equivalente:

$$R_T = R_b + 2 + 10 = 4{,}\overset{\frown}{44} + 2 + 10 = 16{,}\overset{\frown}{44}\,\Omega$$



2. Aplicación de las leyes de Kirchhoff

2.1. Leyes de Kirchhoff

Primera ley de Kirchhoff. Ley de los nudos

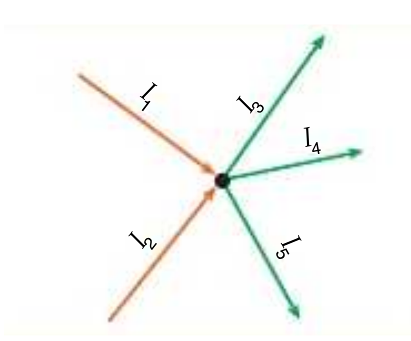
Dado un nudo donde concurren varias intensidades, la suma de las intensidades que entran a este nudo, es igual a la suma de las que salen de él. Es decir, su suma algebraica es cero, considerando positivas las intensidades que entran al nudo y negativas las que salen.

Por tanto tendremos:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \text{ o } I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

en definitiva $\Sigma I_j = 0$ en un nudo determinado.

La expresión matemática de la Primera Ley de Kirchhoff nos dice que la suma de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es cero.



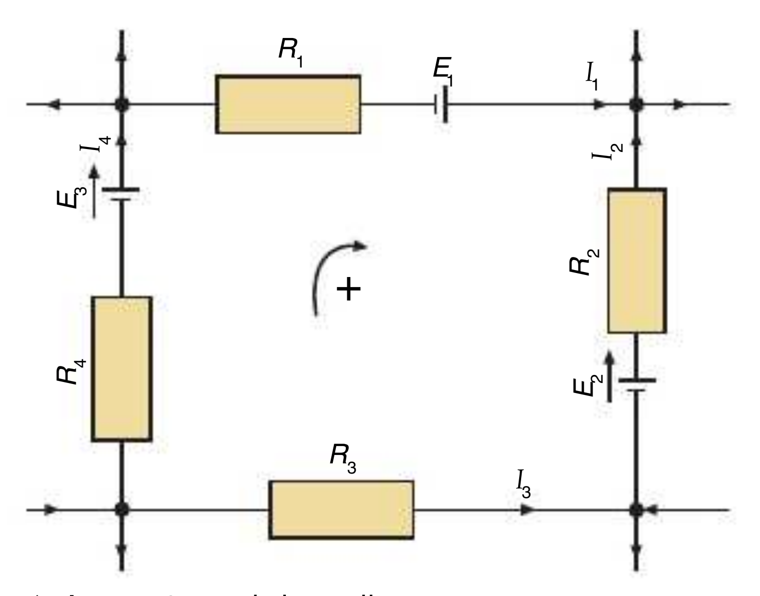
↑ **Figura 5.8.** Ley de los nudos.

caso práctico inicial

En una malla en la que no existe f.e.m., la suma de los productos de cada resistencia por la intensidad que la atraviesa es cero.

Segunda ley de Kirchhoff. Ley de las mallas

En todo circuito cerrado elemental (malla), como parte o no de un circuito más complejo, la suma algebraica de las f.e.m. es igual a la suma algebraica de las resistencias por las intensidades.



↑ **Figura 5.9.** Ley de las mallas.

Tomando las intensidades y f.e.m. como positivas si coinciden con el sentido (+) establecido, tendremos:

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4$$

generalizando $\Sigma E = \Sigma I \cdot R$

La expresión matemática de la Segunda Ley de Kirchhoff nos dice: en una malla, la suma de todas las fuerzas electromotrices existentes en ella es igual a la suma de los productos de las resistencias que hay en cada tramo de la malla por las intensidades respectivas que las atraviesan.

Como se comentó anteriormente, los sentidos de las corrientes se determinan arbitrariamente, cambiando este una vez resuelto el sistema si resultaran con el signo contrario al adjudicado. En la resolución de estos sistemas se debe aplicar la primera ley a todos los nudos menos a uno. Y la segunda ley a todos los circuitos elementales o mallas.

recuerda

Las ondas parásitas que influyen en un receptor de radio producidos por el vehículo son importantes, y si no se eliminan hacen que la audición de la radio sea prácticamente imposible.

Las ondas parásitas se pueden eliminar empleando condensadores y filtros especiales.

Las ondas parásitas provienen de los siguientes componentes:

- Sistema de encendido.
- El alternador y el regulador.
- El motor de arranque.
- El motor limpiaparabrisas.
- La bomba eléctrica de combustible, etc.

3. Acoplamiento de condensadores

3.1. Suma de condensadores en serie

Si tomamos un conjunto de condensadores con capacidades C_1, C_2, … C_n acoplados en serie, la capacidad del condensador equivalente a la suma de estos vendrá determinada por la expresión:

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} ..... + \frac{1}{C_n} = \sum_{a=1}^{a=n} \frac{1}{C_n}$$

o lo que es lo mismo:

$$C_r = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} ..... + \frac{1}{C_n}}$$

3.2. Suma de condensadores en paralelo

Si tomamos un conjunto de condensadores con capacidades C_1, C_2, … C_n acoplados en paralelo, la capacidad del condensador equivalente a la suma de estos, vendrá determinada por la expresión:

$$C_r = C_1 + C_2 ..... + C_n = \sum_{a=1}^{a=n} C_d$$

3.3. Energía almacenada por un condensador

La energía almacenada por un condensador viene determinada por la expresión:

$$T = \frac{1}{2} C U^2$$

siendo T la energía (trabajo), C su capacidad, y U la tensión entre sus armaduras.

El trabajo viene expresado en julios cuando se pone la C en faradios y la U en voltios.

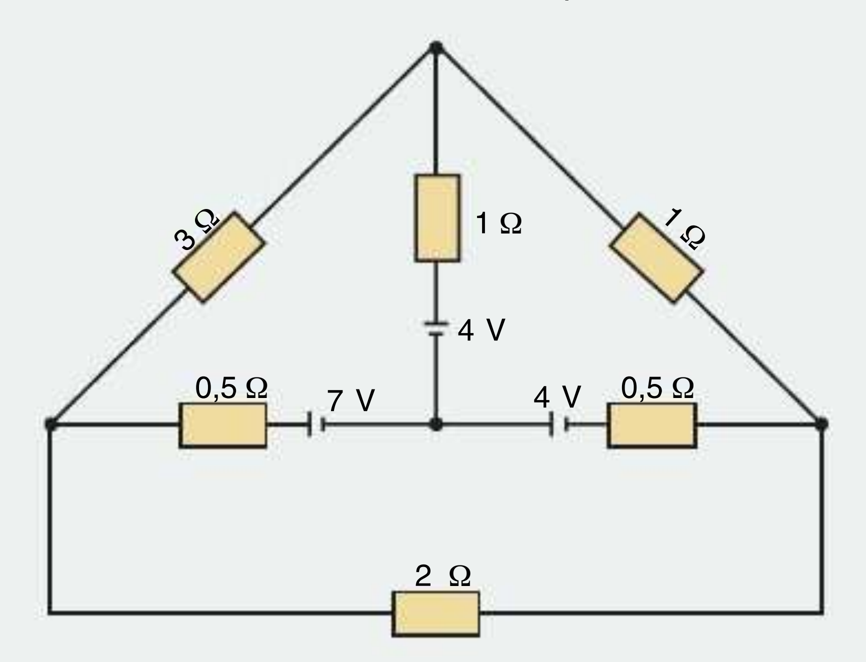
El faradio es una unidad de capacidad eléctrica del Sistema Internacional (SI) equivalente a la capacidad de un condensador eléctrico cargado con un culombio y con una diferencia de potencial de un voltio, su símbolo es F. El faradio es una unidad muy grande y en automoción se emplean los submúltiplos, el microfaradio es el más empleado (figura 5.10).



↑ **Figura 5.10.** Condensador 2.2 μF en alternador.

EJEMPLOS

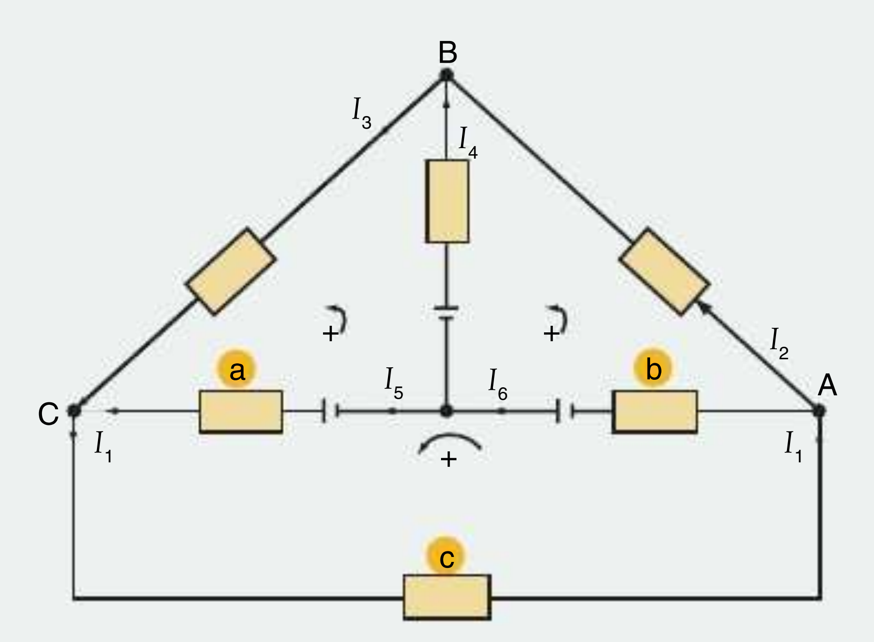
■ Determinar las intensidades del circuito representado.



↑ **Figura 5.11.** Acoplamiento mixto.

Solución:

Establecemos los sentidos positivos y las direcciones de todas las intensidades.



↑ **Figura 5.12.** Acoplamiento mixto con direcciones de las intensidades.

Aplicamos la primera ley a todos los nudos menos uno:

a) $I_1 = I_2 + I_6$

b) $I_3 = I_2 + I_4$

c) $I_1 = I_3 + I_5$

y la segunda ley a la totalidad de las mallas:

a) $-7 + 4 = 3\ I_3 - 0{,}5\ I_5 + 1\ I_4$

b) $-4 - 4 = 1\ I_2 - 1 \cdot I_4 - 0{,}5\ I_6$

c) $7 + 4 = 2\ I_1 + 0{,}5\ I_5 + 0{,}5\ I_6$



Operando:

$$I_4 = I_3 - I_2 \qquad -3 = 3\,I_3 - 0{,}5\,I_1 + 0{,}5\,I_3 + I_3 - I_2$$

$$I_5 = I_1 - I_3 \quad \Rightarrow \quad -8 = I_2 - I_3 + I_2 - 0{,}5\,I_1 + 0{,}5\,I_2 \quad \Rightarrow$$

$$I_6 = I_1 - I_2 \qquad 11 = 2\,I_1 + 0{,}5\,I_1 - 0{,}5\,I_2 - 0{,}5\,I_1 - 0{,}5\,I_3$$

$$6 = I_1 + 2\,I_2 - 9\,I_3 \qquad 7\,I_2 - 11\,I_3 = -10$$

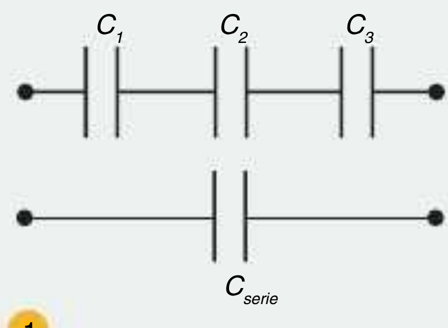
$$16 = I_1 - 5\,I_2 + 2\,I_3 \quad \Rightarrow \quad 13\,I_2 - 53\,I_3 = 14 \quad \Rightarrow \quad 228\,I_3 = -228, \text{ de donde:}$$

$$22 = 6\,I_1 - I_2 - I_3$$

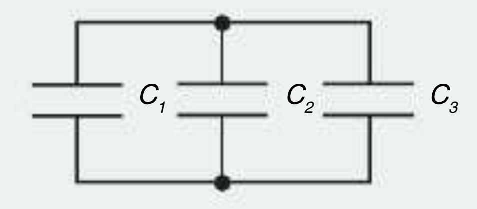
$$I_3 = \frac{-228}{228} = -1\text{ A} \qquad I_2 = -3\text{ A} \qquad I_1 = 3\text{ A}$$

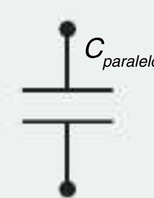
$$I_4 = 2\text{ A} \qquad I_5 = 4\text{ A} \qquad I_6 = 6\text{ A}$$

■ Determinar las capacidades totales de estos circuitos de condensadores, el primero conectado en serie, y el segundo conectado en paralelo, sabiendo que $C_1 = 4\ \mu F$, $C_2 = 7\ \mu F$ y $C_3 = 5\ \mu F$.









2

↑ **Figura 5.13.**

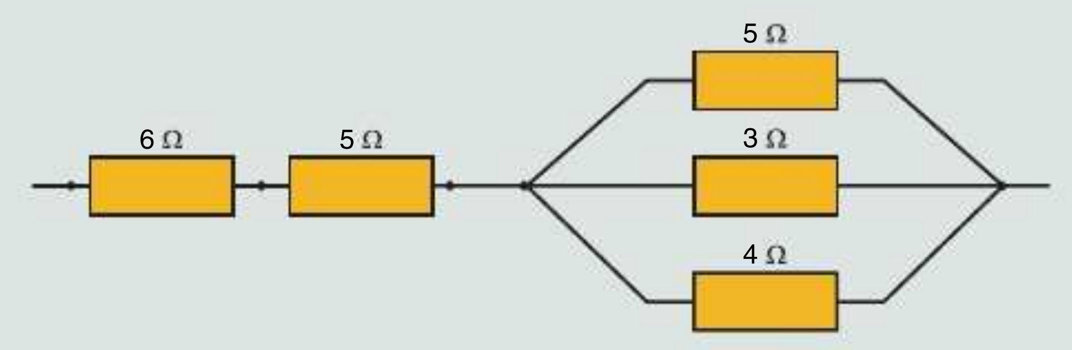
Solución:

1) $C_{serie} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{4} + \dfrac{1}{7} + \dfrac{1}{5}} = \dfrac{1}{\dfrac{83}{140}} = \dfrac{140}{83}\ \mu F$

2) $C_{paralelo} = 4 + 7 + 5 = 16\ \mu F$

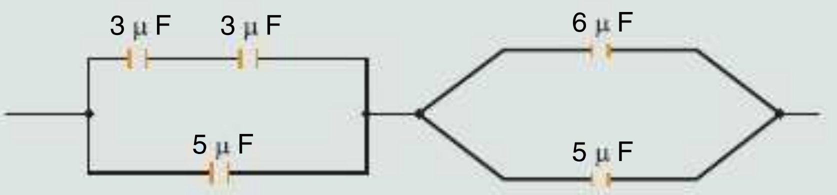
ACTIVIDADES FINALES

- 1. Dibuja un circuito cerrado con tres resistencias (r_1, r_2, r_3) y dos baterías (e_1, e_2) colocadas en sentido opuesto la una de la otra. Aplica la ley de Ohm a este circuito.
- 2. Enuncia la primera y la segunda ley de Kirchhoff.
- 3. A un condensador de 0,005 F, se le aplica una tensión de 24 V, ¿qué carga almacenará el citado condensador?
- 4. Determina el valor de la resistencia equivalente al conjunto formado por tres resistencias $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$ y $R_3 = 3\ \Omega$, conectadas en serie y en paralelo.
- 5. Calcula el valor de la resistencia equivalente al conjunto de resistencias de la figura.

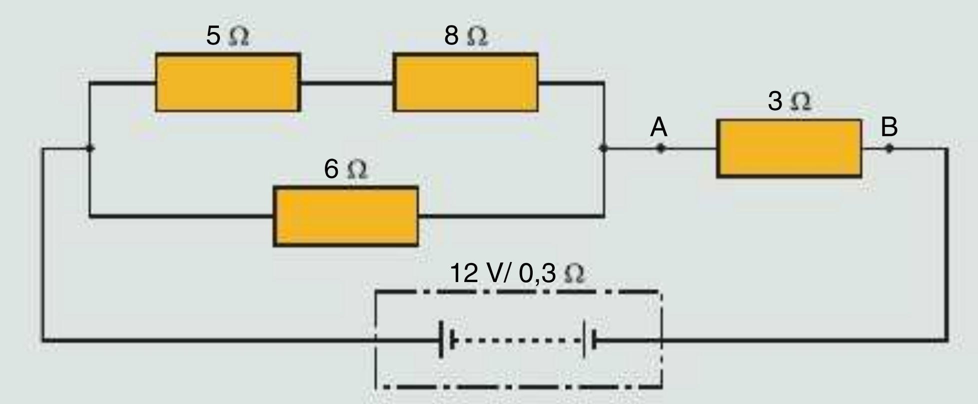


↑ **Figura 5.14.** Resistencias de acoplamiento mixto.

- 6. Calcula el valor de la capacidad del condensador equivalente a tres condensadores de capacidad 0,3μF, 0,6 ηF, y 0,9 μF, conectados en serie.
- 7. Si los condensadores del ejercicio anterior se colocan en paralelo, ¿cuál es el valor de la capacidad equivalente? Expresa los resultados en faradios y nanofaradios.
- 8. Determina el valor de la capacidad total del circuito de la figura.
- 9. En el circuito de la figura, determina el valor de las intensidades, la diferencia de potencial entre A y B, y las calorías desprendidas por la resistencia de 3Ω en media hora.



↑ **Figura 5.15.** Condensadores conectados en serie y paralelo.



↑ **Figura 5.16.** Circuito cerrado de acoplamiento mixto.

EVALÚA TUS **CONOCIMIENTOS**

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. Si sumamos resistencias en serie, la resultante es...

a) El producto de ellas.

b) Es la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

c) La suma de estas.

d) El cociente entre la de mayor resistencia y la de menor resistencia.

2. Si sumamos resistencias en paralelo...

a) La inversa de la resultante es la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

b) La inversa de la resultante es la suma de cada una de las resistencias.

c) La resistencia total es la suma de cada una de las resistencias.

d) La resistencia total es igual al producto de los valores de sus resistencias .

3. ¿Qué nos dice la 1ª ley de Kirchhoff?

a) El producto de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es cero.

b) Las intensidades de corriente nunca pueden coincidir en un nudo.

c) La suma de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es cero.

d) La suma de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es la unidad.

4. ¿Qué nos dice la 2ª ley de Kirchhoff?

a) El producto de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es cero.

b) En una malla, la suma de todas las fuerzas electromotrices existentes en ella es igual a la suma de los productos de las resistencias que hay en cada tramo de la malla por las intensidades respectivas que las atraviesan.

c) La suma de las intensidades de corriente que coinciden en un nudo es cero.

d) En una malla, la suma de todas las fuerzas electromotrices existentes en ella es igual a la suma de las resistencias y de las intensidades respectivas que las atraviesan.

5. En una malla en la que no existan f.e.m. la suma de los productos de cada resistencia por la intensidad que la atraviesa es…

a) Uno.

b) Cero.

c) Uno o cero dependiendo del valor de la resistencia.

d) Uno o cero dependiendo de la intensidad.

6. El valor de la capacidad equivalente de un agrupamiento en serie de varios condensadores es igual…

a) Al inverso de las sumas de los inversos de los valores de las capacidades de los distintos condensadores.

b) A la suma de las capacidades de todos ellos.

c) Al producto de las capacidades de todos ellos.

d) A la capacidad del mayor dividida por la capacidad del menor.

7. El valor de la capacidad equivalente de un agrupamiento en paralelo de varios condensadores es igual…

a) Al inverso de las sumas de los inversos de los valores de las capacidades de los distintos condensadores.

b) A la suma de las capacidades de todos ellos.

c) Al producto de las capacidades de todos ellos.

d) A la capacidad del mayor dividida por la capacidad del menor.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Polímetros digitales

MATERIAL

- Fuente de alimentación estabilizada con salida de tensión variable
- Entrenador de electrónica
- Resistencias de 120, 220 y 470 Ω

Realización de un circuito con varias resistencias en serie

OBJETIVO

Comprobar que la suma de las caídas de tensión en cada resistencia es igual a la tensión total aplicada al circuito.

PRECAUCIONES

Procurar siempre no tener tensión en un elemento a la hora de efectuar mediciones de resistencia ya que puede provocar una avería en el polímetro.

DESARROLLO

1. Identificamos las resistencias de 120 Ω, 220 Ω y 4,70 kΩ por el código de colores y comprobamos su resistencia real con el polímetro en la escala 20k (figura 5.17). Polímetro A6 (121Ω), A5 (119 Ω) y A3 (4,66 kΩ).
2. Realizamos el circuito tal como se ve en la figura 5.17, donde se instala un interruptor y las 3 resistencias en serie. Con la fuente de alimentación aplicamos al circuito una tensión de 12 V. Con el polímetro en la escala de 20 V, comprobamos la tensión aplicada a cada resistencia (figura 5.18).
3. A continuación comprobamos que la suma de las tensiones aplicadas a cada resistencia da como resultado 12 V, que es la tensión total aplicada al circuito.



↑ **Figura 5.17**



↑ **Figura 5.18**



Comprobar un condensador de un encendido por platinos

HERRAMIENTAS

• Comprobador de condensadores

MATERIAL

• Condensador de 0.25 μF

OBJETIVOS

Comprobar la capacidad de un condensador aplicándole tensión.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

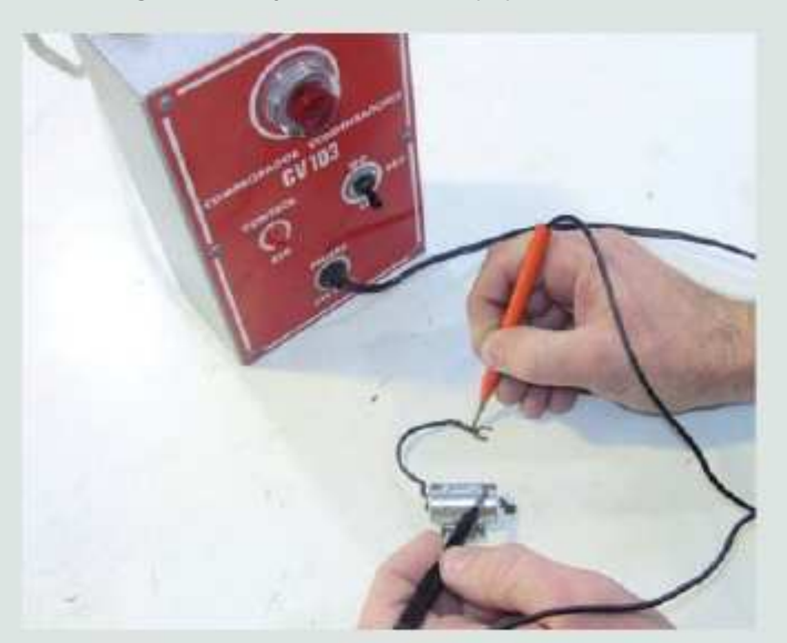
- La tensión que suministra el equipo son 350 V en continua y se debe tener cuidado para evitar descargas al manipular las conexiones y terminales.
- Cuando el condensador se carga, no se deben tocar las conexiones del condensador, se descargaría a través del cuerpo de operario.

DESARROLLO

1. La comprobación del condensador se realiza con un transformador 350 V en corriente continua, diseñado para realizar la carga del condensador (figura 5.19).
2. Para comprobar que el condensador se encuentra aislado perfectamente y se carga con corriente, realizamos una carga, conectamos el equipo en el interruptor de RED SI y pinchando con las puntas en la parte metálica la negra y en el cable de positivo con la punta roja (figura 5.20). Si el condensador se carga la luz roja central del equipo se ilumina.



↑ **Figura 5.19.** Comprobador de condensadores.



↑ **Figura 5.20.** Cargar el condensador con 350 V.

3. Una vez cargado el condensador, sin tocar el terminal positivo ni la partes metálicas negativo, se descarga puenteando el borne positivo a masa (figura 5.21), la chispa eléctrica salta entre el terminal y la parte metálica, se ve perfectamente.
4. El condensador funciona perfectamente, la carga almacenada se ha descargado y el condensador se encuentra en condiciones de funcionamiento, cuando está descargado se puede tocar sin peligro los dos terminales (figura 5.22).



↑ **Figura 5.21.** Descargar a masa.



↑ **Figura 5.22.** Condensador descargado.



MUNDO TÉCNICO

El motor Diesel ha evolucionado tanto o más que el de gasolina desde principios del siglo xx

Entre los múltiples avances que ha sufrido este motor de combustión interna está el cambio de sistemas de inyección mecánica a los electrónicos controlados por computadora.

Esta evolución ha permitido el uso de combustibles más limpios, como el diésel de ultrabajo contenido de azufre (ULSD por sus siglas en inglés), biocombustibles y en los más recientes avances de etanol. Más adelante le contaremos otros detalles sobre los avances.

Dos líneas o sistemas se desarrollaron de manera más o menos paralela para los autos de calle: el raíl común (también conocido como *Common Rail*) y el inyector bomba (traducido del alemán *Pumpe-Düse*). Ambos recurren a actuadores electrónicos para lograr sus mejores resultados y cuentan con una Unidad de Control Electrónica (ECU por sus siglas en inglés).

Tomó casi dos décadas definir cuál de los dos sistemas prevalecería. Finalmente fue el *Common Rail* el que demostró ser más preciso para controlar el tiempo de inyección (un elemento fundamental para controlar las emisiones) y el que ha gozado de mayor aceptación entre los fabricantes.

En 1989 Audi presentó el primer motor de inyección directa electrónica de diésel con el sistema de bomba inyector. Este dio origen a las ahora muy conocidas siglas TDI, que hasta el día de hoy distinguen a los motores turbodiésel de inyección directa del Grupo Volkswagen (Audi, Seat, Skoda, Volkswagen, Lamborghini y Bentley).

En la década de 1990 se dio un desarrollo de prototipos de inyección electrónica de raíl común por parte de una alianza entre Magneti Marelli, el Centro de Investigación Fiat y la empresa Elasis.

Luego, la firma alemana de partes eléctricas y mecánicas Bosch le compró al Grupo Fiat el diseño de inyección por rail común para completar su desarrollo y poder comercializarlo de manera masiva.

El primer automóvil que hizo uso del *Common Rail* electrónico fue el Alfa Romeo 156 JTD, y solo unos meses después el Mercedes Benz E 320 CDI.

Electrónica y eficiencia

La incorporación de la electrónica en los sistemas de inyección, ya sean de diésel o gasolina, permite un uso más eficiente del combustible y, de manera simultánea, una reducción de los gases tóxicos.

El paso de la inyección mecánica a la electrónica, en los motores de diésel, es el equivalente del paso de los motores de gasolina de usar carburador a utilizar inyección electrónica de combustible.

Gracias al uso de inyectores piezoelectrónicos, que tienen una capacidad de respuesta elevadísima, en un mismo ciclo de inyección de combustible se pueden dar hasta ocho eventos separados para hacer más silenciosa, suave, eficiente y limpia la combustión.

Este es el caso del más reciente motor V6 de 2,9 litros de General Motors, que desarrolla 250 hp y 550 Nm y tiene los niveles de emisiones de NO_x más bajos hasta ahora alcanzados.

Andrés Formoso O.
NACION.COM

EN **RESUMEN**

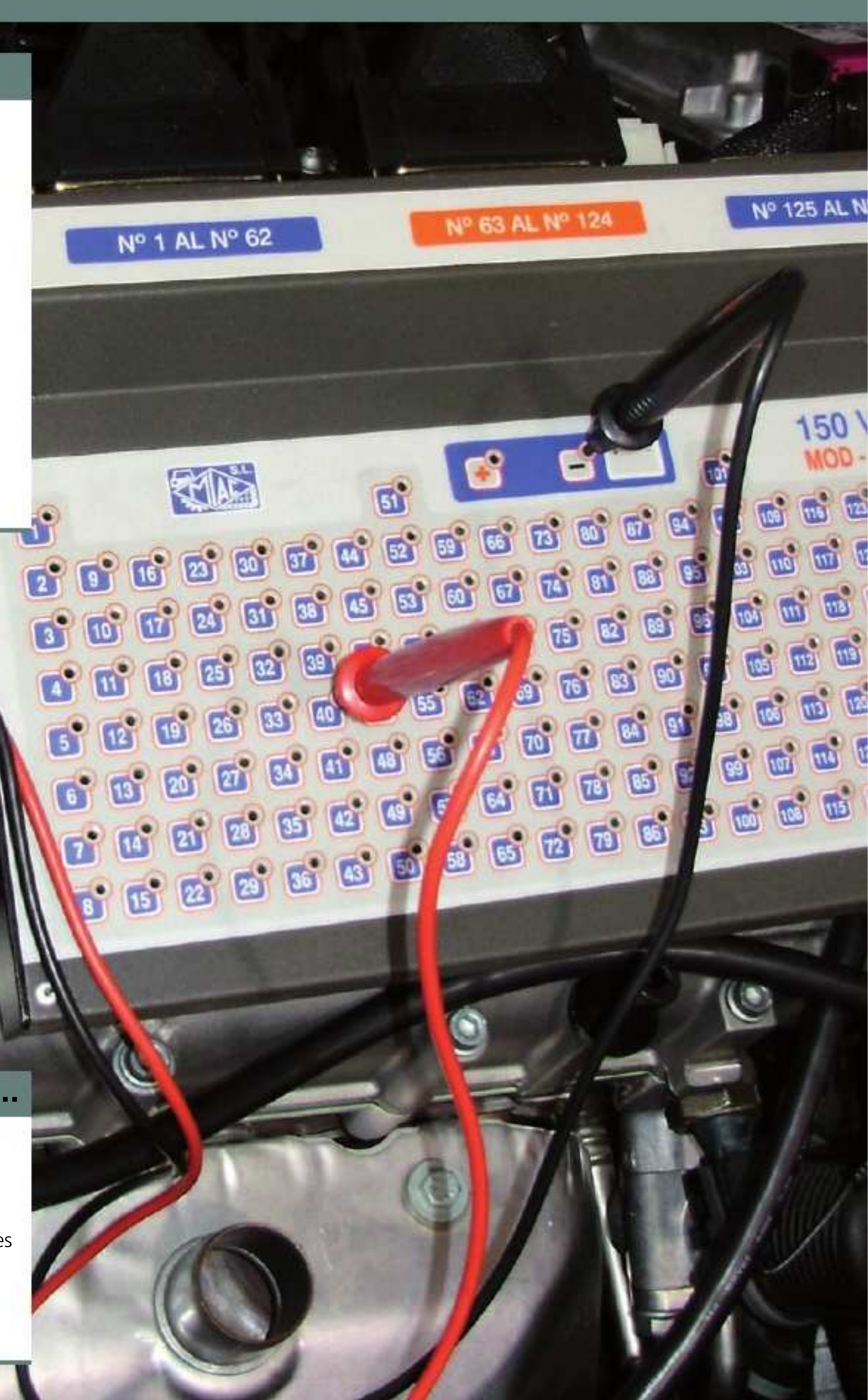
RESOLUCIÓN DE CIRCUITOS BÁSICOS DE CORRIENTE CONTINUA

- **GENERALIZACIÓN DE LA LEY DE OHM**
  - **Aplicación simple de la ley de Ohm**
    - Resolución de circuitos simples
  - **Aplicación de las leyes de Kirchhoff**
    - Resolución de mallas
- **CONDENSADORES**
  - **Acoplamiento de condensadores**
    - Serie
    - Mixto
    - Paralelo

entra en internet

1. En la página web de Mecánica virtual podrás ver todo el sistema de inyección monopunto de Opel. www.mecanicavirtual.org/inyeccion_monopunto2.htm
2. En la página web Telkon encuentras componentes electrónicos http://www.telkron.es/?gclid=CPnTk46T_J0CFZQA4wodsTI0qQ
3. En la página web de emagister puedes encontrar cursos de electrónica para aumentar tus conocimientos. http://www.emagister.com/manual-electronica-industrial-cursos-2472726.htm
4. Busca en Internet cómo se pueden comprobar los condensadores.
5. Busca en Internet la función de los condensadores para filtrar interferencias en la radio.

6 Equipos de medida eléctrica



vamos a conocer...

1. Voltímetro-amperímetro
2. Polímetro
3. El osciloscopio
4. Equipos de diagnosis

PRÁCTICA PROFESIONAL

Medir la señal de un captador inductivo de un cambio automático empleando el osciloscopio de un equipo de diagnosis

Leer la memoria de averías, empleando el equipo de diagnosis universal de Bosch

MUNDO TÉCNICO

Hella y Gutmann se alían para prestar servicios de diagnóstico en reparación de vehículos en talleres

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás el manejo del polímetro digital.
- Aprenderás a comprobar componentes empleando el polímetro.
- Aprenderás a medir señales de componentes empleando el osciloscopio.
- Conocerás las funciones que se pueden realizar con el equipo de diagnosis.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

En el Instituto donde estudian Pedro y José Antonio tienen un Seat Ibiza del año 2000 para realizar las prácticas. El vehículo tiene un motor de gasolina tipo BKY de 1.400 cm^3 y 16 válvulas. El cambio es automático tipo AG4 y el sistema de frenos dispone de un ABS/ESP 8.0, el resto de conjuntos eléctricos y mecánicos son similares a los montados por un vehículo de ese segmento.

El motor falla cuando se calienta, la lámpara de avería de gestión de motor del cuadro se enciende y también aparecen las siglas «EPC». El motor arranca en fase de emergencia a 1.500 rpm y empieza a ratear como si se quedase en tres cilindros y no acelera.

El profesor les ha planteado a los dos alumnos que empleando los equipos de medida que disponen en el taller de Circuitos de Carga y Arranque (polímetros, osciloscopios y los equipos de diagnosis), localicen la avería, identifiquen qué componente provoca los fallos y definan la forma de reparar la avería.



estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Por donde empezarías a localizar la avería?
2. ¿Crees que es necesario tener unos buenos equipos de medida para poder localizar averías en los vehículos actuales?
3. ¿La avería del Seat se puede encontrar memorizada en la unidad de gestión del motor?
4. Una vez localizado el fallo del componente, ¿qué equipo de medida te parece más adecuado para medir las señales eléctricas que puede mandar a la unidad de control?
5. ¿Crees que con el polímetro digital y un esquema detallado se pueden comprobar muchos componentes?

1. Voltímetro-amperímetro

recuerda

El voltímetro se conecta en paralelo para medir tensiones, positivo a corriente y negativo a masa.

El amperímetro se conecta en serie en el circuito.

El voltímetro-amperímetro es el equipo de medida empleado tradicionalmente en los talleres de electricidad, es un equipo analógico muy robusto ideal para realizar medidas: en componentes con conectores de gran tamaño, bornes de baterías, alternadores etc. (los cables disponen de pinzas para conectar en los bornes). El equipo dispone de dos relojes medidores muy fiables, uno para voltios (voltímetro) con varias escalas y otro para los amperios (amperímetro) con una sola escala de -20 a 80 A (figura 6.1).



↑ **Figura 6.1.** Voltímetro-amperímetro analógico.

caso **práctico** inicial

El voltímetro y el amperímetro no nos sirven, de momento, para localizar la avería que tiene nuestro motor.

2. Polímetro

El polímetro es un útil de medida que permite medir varias magnitudes eléctricas con el mismo equipo. Cambiando las conexiones y las escalas, el polímetro permite realizar las principales medidas:

- Tensión (alterna y continua).
- Intensidades (muy pequeñas de miliamperios, hasta 10 amperios).
- Resistencias.



→ **Figura 6.2.** Polímetro digital con pinza y sensor de temperatura.



2.1. Tipos de polímetros

El polímetro o multímetro es el instrumento fundamental en la detección de averías eléctricas y electrónicas de los vehículos. Los polímetros son de tres tipos:

- Analógicos con agujas indicadoras.
- Digitales.
- Con osciloscopio.



↑ **Figura 6.3.** Polímetro analógico.



↑ **Figura 6.4.** Polímetro con osciloscopio.

Es recomendable que un polímetro o multímetro reúna las siguientes características y posibilidades de medida:

- Pantalla con amplio display LCD, de fácil lectura.
- Medición multifunción:
  - Tensión continua y alterna (DCV / ACV).
  - Corriente continua y alterna (DCA / ACA).
  - Resistencia (ohmios).
  - Señalización acústica de continuidad.
  - Control de diodos. Para puentes rectificadores del alternador, etc.
  - Medición de frecuencias. Para test de sensores MAF, MAP, ABS, etc.
  - Medición de revoluciones TACH. Por medio de pinza inductiva.
- El polímetro es conveniente completarlo con los siguientes accesorios:
  - Pinza inductiva, para la medición de rpm (tacómetro).
  - Pinza amperimétrica para la medida de corriente alterna y continua (ACA/DCA).
  - Sonda termopar universal para la medición de temperaturas.

En los polímetros digitales encontramos dos tipos:

- Polímetros de escalas manuales: mediante una rueda tenemos que seleccionar la escala de medida. Por ejemplo, para medir un 12 V, seleccionaremos la escala inmediata superior a esta lectura, es decir, la escala de 20 V.
- Polímetros autorrango: en este caso, solo seleccionaremos la magnitud a medir.

El instrumento se ajusta automáticamente a la unidad medida.

saber más

Los multímetros analógicos, tradicionalmente empleados en todo tipo de trabajo y por supuesto en el automóvil, han quedado desplazados por los equipos digitales, siendo los primeros inadecuados para la comprobación de los delicados circuitos de las unidades electrónicas de control.

2.2. Localización de averías eléctricas y electrónicas con el polímetro



↑ **Figura 6.5.** Polímetro midiendo resistencia de un componente.

Al diagnosticar averías en sistemas eléctricos es importante seguir un proceso lógico de razonamiento deductivo para resolver el problema. Este proceso es esencial, ya que no es posible desarmar ni ver el interior de la mayoría de los componentes eléctricos o electrónicos para examinar si funcionan como se hace con los dispositivos mecánicos.

A veces, llegar a conclusiones acertadas requiere bastante tiempo. En cambio, siguiendo paso a paso un proceso bien estudiado y organizado, suele ser posible determinar la causa del problema al primer intento.

Al diagnosticar averías en sistemas eléctricos de automóviles se miden tensiones, corrientes y resistencias.

La medición más útil y sencilla es probablemente la de valores de tensión, ya que permite responder a estas preguntas:

- ¿Llega tensión al punto en que se mide?
- ¿Cuál es la lectura de tensión?
- ¿Cuál es la tensión disponible?
- ¿Cuál es la caída de tensión a través de un componente o un conector?

La presencia de tensión indica que el circuito está suministrando electricidad al componente que se comprueba.

La lectura de tensión nos indica si llega al componente el voltaje correcto. Midiendo la tensión disponible en un componente, se puede determinar si la tensión que llega al dispositivo correspondiente es la adecuada.

En la resolución y detección de problemas eléctricos hay que tener en cuenta que el problema real puede hallarse en un sistema, mientras que los síntomas que se están comprobando se manifiestan en otro. La caída de tensión a través de un componente indica cuánta tensión consume este.

Para medir tensión en diferentes puntos de un circuito, el voltímetro ha de conectarse en paralelo, es decir, el cable positivo al punto de tensión y el negativo a masa, sin necesidad de desconectar nada.

Sin embargo, para medir la intensidad que recorre el circuito, es necesario desconectar, en el punto que queramos medir, para intercalar el amperímetro. Toda la corriente que sale del positivo ha de volver por el negativo. Se debe conectar siempre el amperímetro en serie con el receptor que nos interese medir.

Si la magnitud eléctrica que vamos a medir es una resistencia, el ohmímetro lo conectaremos entre el principio y el final del componente que queremos medir, pero siempre con el componente desconectado de corriente.

saber más

Ejemplo de caída de tensión

Si un relé da 12,8 V en la entrada y solo 9,2 V en la salida, decimos que la caída de tensión es de 3,6 V.

Recuérdese que los cables y conexiones se consideran componentes y provocan caídas de tensión, principalmente si están defectuosos.

ACTIVIDADES

1. Mide las caídas de tensión de diferentes circuitos eléctricos sobre un panel simulador, maqueta o automóvil, con ayuda de un polímetro del laboratorio o taller de electricidad.

Anota la medida de tensión en la salida de la batería y en diferentes puntos de cada circuito y determina la caída de tensión.



2.3. Aplicaciones de los polímetros para comprobar componentes

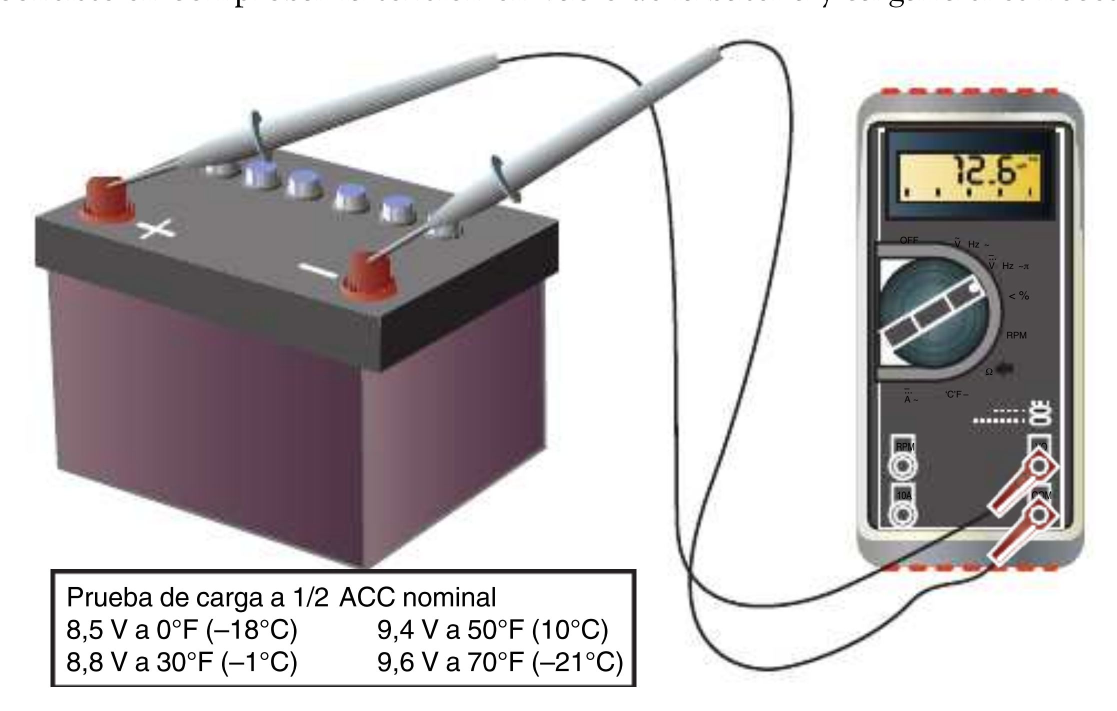
Dependiendo de la magnitud que sea necesario medir el polímetro se empleará en las distintas funciones como voltímetro, amperímetro u óhmetro.

Baterías

Cuando un cliente acude a un taller porque el coche no arranca, con frecuencia el fallo es debido a problemas en el sistema de carga. La batería se ha descargado y el motor de arranque no pueden hacer girar al motor térmico. El primer paso consiste en comprobar la tensión en vacío de la batería y cargarla si es necesario.

PRUEBA EN VACÍO, TENSIONES OBTENIDAS A 27 °C	
Tensión	**Porcentaje de carga**
12,60 V a 12,72 V	100 %
12,45 V	75 %
12,30 V	50 %
12,15 V	25 %

↑ **Tabla 6.1.**



← **Figura 6.6.** Medida de la tensión de la batería.

Para medir la tensión del sistema se elimina la carga superficial de la batería manteniendo las luces encendidas durante un minuto. Se mide la tensión en los terminales de la batería con las luces apagadas (véase tabla). A ser posible, se comprueba la densidad de cada vaso con un hidrómetro. Se deberá realizar también una prueba de carga para verificar el comportamiento en carga de la batería. Las medidas de tensión solo indican el estado de carga, no el estado de la batería.

Circuito de carga

El circuito de carga se encuentra formado por dos componentes:

- Alternador.
- Regulador.

Comprobación del regulador

Gracias a la precisión de los multímetros digitales y a la lectura digital que ofrecen, la diagnosis y el ajuste de los reguladores y alternadores se realizan con gran facilidad. Primero se averigua si el sistema tiene regulador integral (interno) y a continuación si es del tipo A o B. El tipo A tiene una escobilla conectada al borne positivo de la batería y la otra puesta a masa a través del regulador.

El tipo B tiene una escobilla directamente puesta a masa y la otra conectada al regulador. Seguidamente se determina si el problema se encuentra en el alternador o en el regulador puenteando este último (campo total). Si el alternador es del tipo A se conecta a masa el terminal de campo. Si es de tipo B se conecta dicho terminal al + de la batería.

caso práctico inicial

Cuando tenemos localizado el componente que puede fallar, en una reparación, recurrimos al polímetro para verificar que efectivamente el componente se encuentra dañado.

Si puenteando el regulador el alternador carga, es el regulador el que está defectuoso.

Si es posible se utiliza un reóstato; si no, se mantiene el motor en ralentí (con las luces encendidas) para que la tensión no exceda de 15 V.

Verificación del alternador

La batería deberá estar completamente cargada. Se mide la tensión en vacío de la batería (figura 6.7); en el caso de un Seat Ibiza de la figura es 12.8 V. Se arranca el motor y se vuelve a comprobar la tensión en bornes de batería, al acelerar el motor la tensión sube hasta alcanzar la tensión de corte del regulador 14.34 V (figura 6.8).



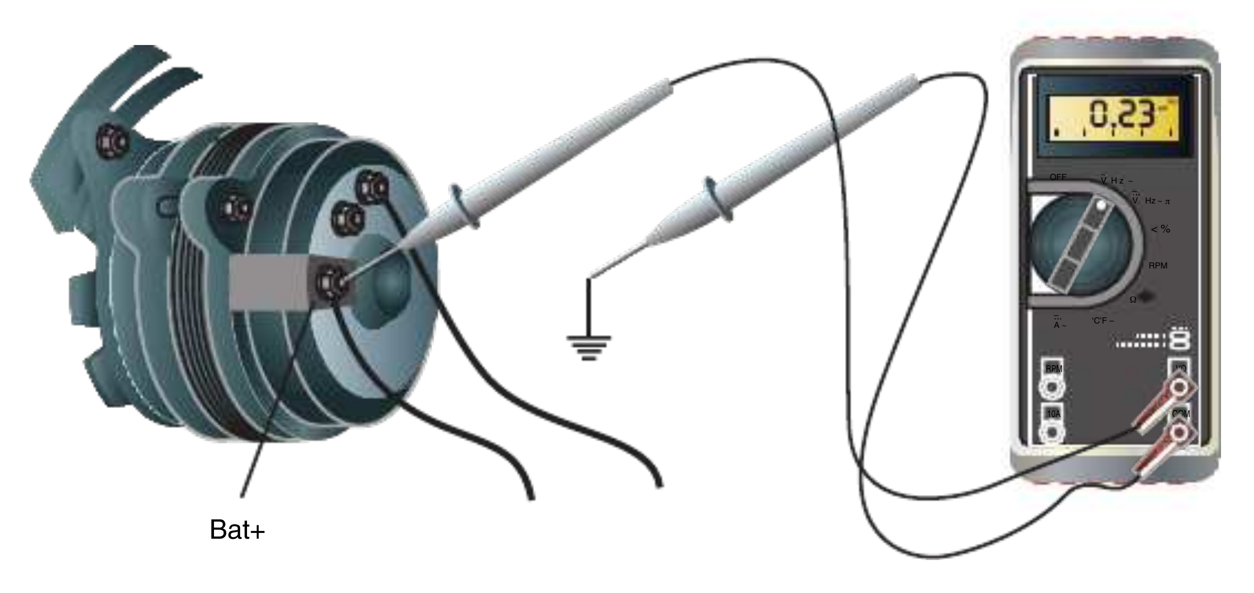
↑ **Figura 6.7.** Tensión de batería.



↑ **Figura 6.8.** Tensión de carga del alternador.

Comprobación de la tensión de rizado

La tensión de rizado (o componente alterna ondulatoria) puede medirse ajustando el multímetro para alterna (AC) y conectando el cable de medida negro a una buena masa y el rojo al terminal BAT de la parte posterior del alternador (no a la batería). Si el alternador está bien, se deberá obtener una lectura inferior a 0,5 V AC con el motor en marcha. Si la lectura es superior a esta, los diodos del alternador están dañados.



→ **Figura 6.9.** Comprobación de la tensión de rizado.

Corriente de fuga del alternador

El alternador genera corriente y tensión según los principios de la inducción electromagnética.

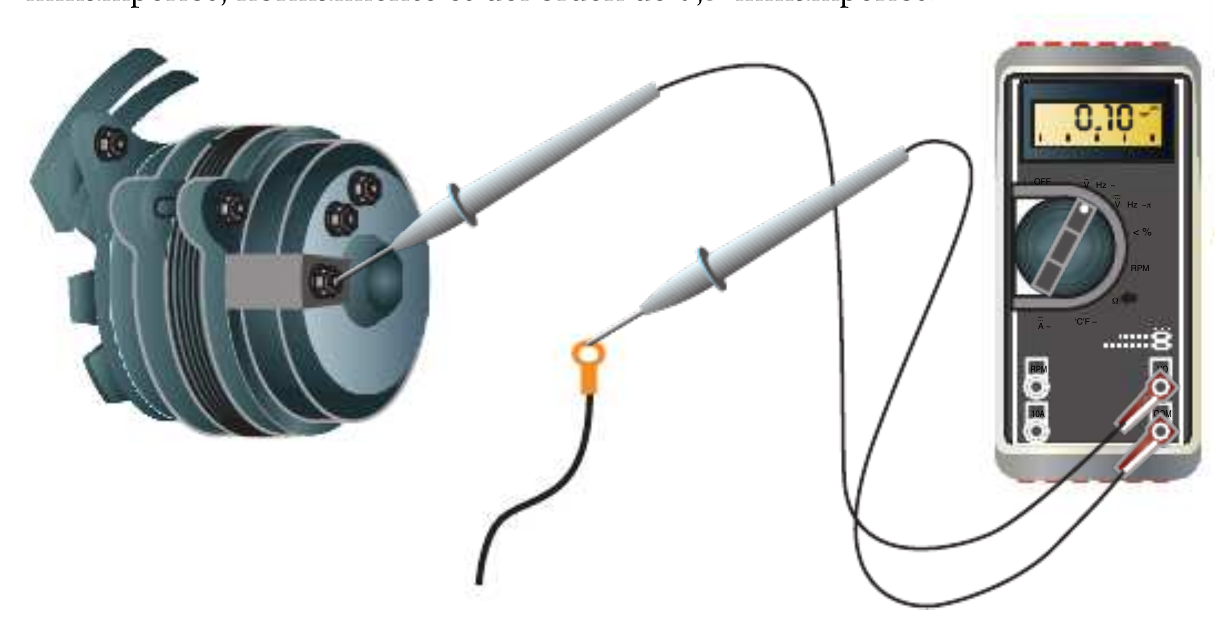
Los accesorios conectados al sistema de carga del vehículo requieren un suministro estable de corriente continua a un nivel de tensión relativamente constante. Como la batería no puede cargarse con corriente alterna, hay que rectificar esta para convertirla en corriente continua.

recuerda

Se debe tener cuidado al desconectar el cable de salida del alternador, asegurándose primero de que está desconectada la batería. Evitando conexiones de la llave metálica con masa de chasis. Conectar el multímetro para realizar la medida y después conectar de nuevo la batería.



Para comprobar la corriente de fuga en los diodos del alternador, hay que conectar el multímetro en serie con el terminal de salida del alternador estando parado el motor del vehículo. La corriente de fuga deberá ser como máximo de unos dos miliamperios; normalmente es del orden de 0,5 miliamperios.



↑ **Figura 6.10.** Medida de la corriente de fuga del alternador.

Motor de arranque

A menudo los problemas del sistema de arranque se confunden con defectos del sistema de carga. Muchas veces se cambia innecesariamente una batería agotada cuando la verdadera causa del problema es un fallo en el sistema de carga. Asegúrate de que este funciona bien antes de sustituir la batería. Después de comprobar que la batería está cargada, se la somete a una prueba en carga y, si la supera con éxito pero el motor de arranque sigue bajo de vueltas, se comprueba el circuito de arranque anormal.

Si la absorción de corriente es excesiva se investiga la causa, se comprueba: si está perforado el aislamiento en algún punto, si el motor térmico está gripado o no gira con suavidad, si el motor de arranque está defectuoso, etc. Si el motor de arranque hace girar el motor térmico con lentitud, la absorción de corriente no es elevada y la batería se halla en buen estado; se comprueba la resistencia del circuito de arranque.

recuerda

La pinza amperimetrica permite al multímetro medir corrientes de arranque que superan los 500 amperios.

Medición de la corriente absorbida por el motor

La corriente en amperios que absorbe el motor de arranque se puede determinar de dos formas:

- Utilizando la pinza amperimétrica inductiva en el cable del motor.
- Desconectando el borne positivo y conectando el amperímetro en serie.



↑ **Figura 6.11.** Comprobando el consumo con pinza.

Resistencia del circuito

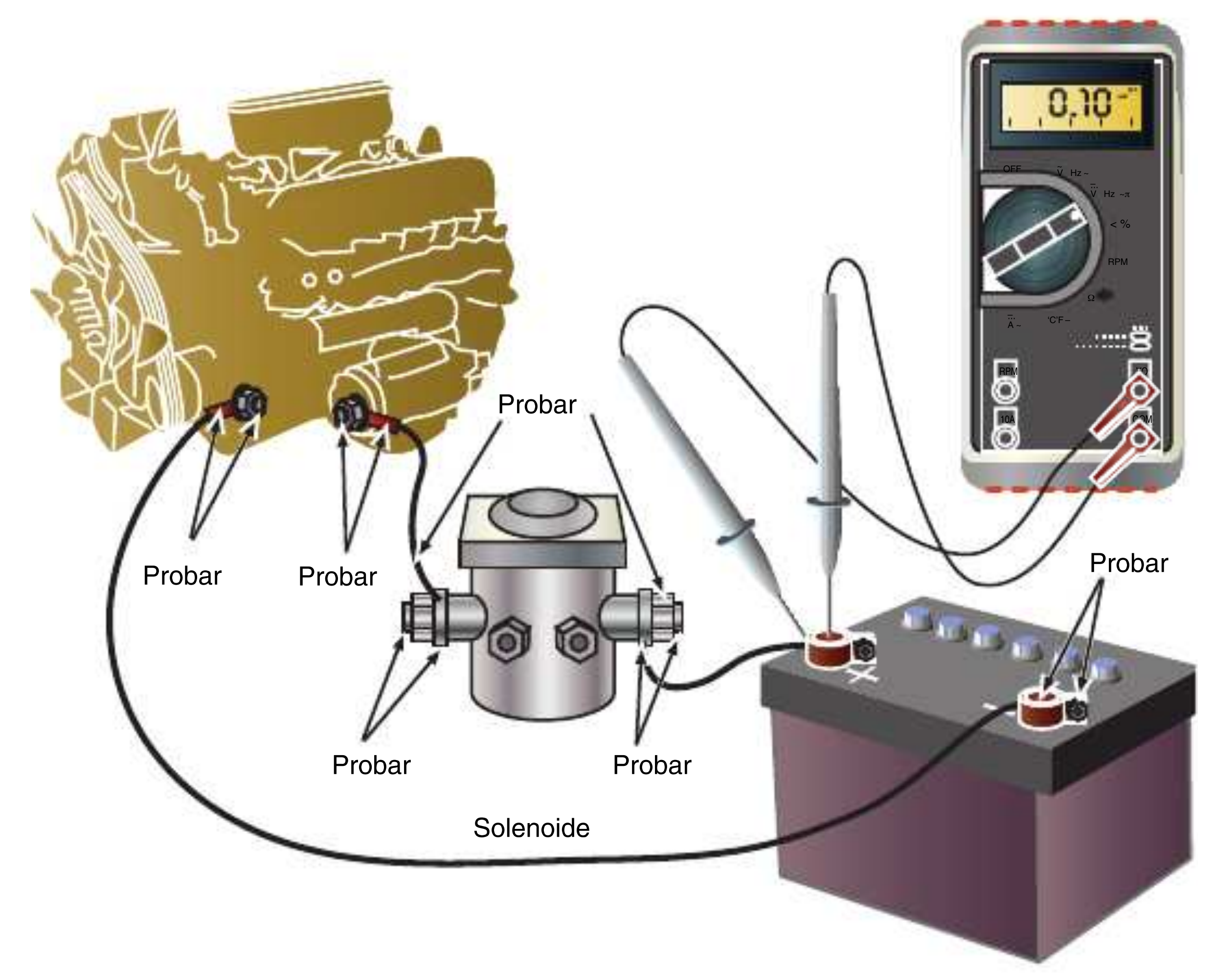
La ley de Ohm ($U = I \cdot R$) nos dice que una resistencia en el circuito del motor de arranque, aunque sea muy pequeña, hará que dicho motor gire con lentitud debido a la baja tensión. Por ejemplo, en un sistema que absorba 200 amperios, una resistencia de 0,01 ohmios en el cable del motor de arranque provocará una caída de tensión de 2 voltios en el motor. Una resistencia de 0,01 ohmios es un valor demasiado pequeño que solo es posible medir con los óhmetros de mucha calidad. Si se mide la caída de tensión en el circuito se puede determinar dónde está la resistencia.



↑ **Figura 6.12.** Comprobando el consumo de corriente con un amperímetro en serie.

Comprobación de una caída de tensión excesiva

Si se mide la caída de tensión en cada una de las conexiones y componentes del circuito mientras se acciona el motor de arranque se puede determinar si hay resistencia en el circuito. Se mide la caída de tensión entre el terminal de la batería y el cable de conexión, los terminales del solenoide y los cables conectados a estos, así como a través del propio solenoide. Además, se comprueba la conexión al motor de arranque, al alternador (alimentación y masa) y la conexión de la trenza de masa al bloque del motor y a la carrocería.



↑ **Figura 6.13.** Comprobación de caídas de tensión en distintos puntos de conexión del solenoide.

Sensor de posición del acelerador (TPS)

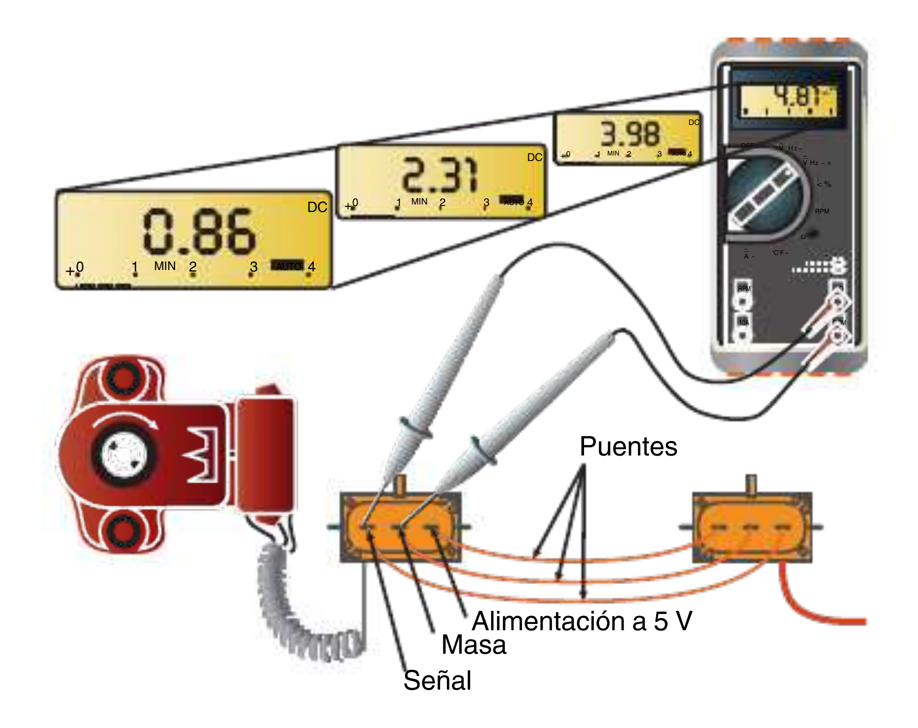
Los sensores de posición del acelerador son causa de frecuentes problemas en los modernos ordenadores de a bordo. Un TPS es simplemente una resistencia variable conectada al eje de la mariposa del acelerador. Hay quienes lo consideran un sustitutivo de la bomba del acelerador en los motores de inyección en el cuerpo del acelerador o el ingenio de la inyección, pero es mucho más; el captador indica el grado de apertura de la mariposa del acelerador, así como si está abriéndose o cerrándose y a qué velocidad.

El captador puede comprobarse midiendo las variaciones de tensión o de resistencia con ayuda de un multímetro digital y comparándolas con las indicadas por el fabricante.

Comprobación de un sensor de posición del acelerador

Se utiliza la función de registro mín/máx para comprobar el ajuste básico del TPS en ralentí. Para obtener la lectura máxima se pisa el acelerador, comparando estas lecturas con las que se obtienen al abrir la mariposa. Si no es así, ello podría ser causa de una aceleración insuficiente.





← **Figura 6.14.** Sensor de posición del acelerador.

Bobinas de encendido

Medición de la resistencia interna de la bobina

Si se sospecha que la bobina de encendido funciona mal, se comprueba la resistencia del primario y del secundario, primero con la bobina caliente y después fría. Se mide también la resistencia entre la carcasa de la bobina y cada uno de los conectores. El primario deberá tener una resistencia muy baja, normalmente entre unas décimas de ohmio y algunos ohmios (figura 6.15). La resistencia del secundario es mayor, normalmente del orden de 5 kΩ a 10 kΩ. Para averiguar los valores correctos de una bobina determinada se consultan las especificaciones del fabricante.



↑ **Figura 6.15.** Resistencia del primario.

Cables de las bujías

Se examinan los cables de bujía si las mediciones indican que puede haber un problema relacionado con los mismos o si llevan montados más de dos años. No siempre figura en los cables la fecha de su fabricación.

Debido al calentamiento del aislador de la bujía, el capuchón puede pegarse a esta. Si se tira del capuchón en línea recta para despegarlo de la bujía, podría dañarse el delicado conductor interior del cable aislado. Por tanto, hay que hacer girar el capuchón para desprenderlo antes de tirar de él.



↑ **Figura 6.16.** Resistencia del secundario.

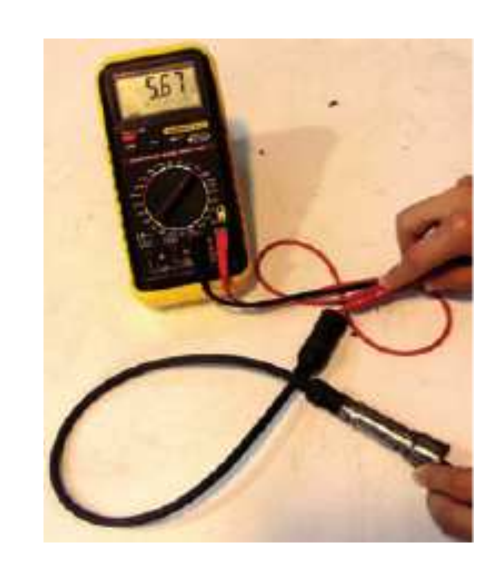
Si se sospecha que un cable está defectuoso, se comprueba su resistencia mientras se dobla y retuerce con cuidado. Los valores de resistencia deberán ser del orden de 30 kΩ por metro, aunque depende del tipo de cable (algunos tienen una resistencia bastante inferior). Hay que comparar las lecturas con las obtenidas en los otros cables de bujía del motor para garantizar la fiabilidad de la medición (figura 6.17).

Condensadores

Los multímetros analógicos/digitales pueden utilizarse también para comprobar condensadores de automóviles. El multímetro se usa al cargar el condensador.

Se observará que la resistencia aumenta de 0 a infinito.

Se deben intercambiar las puntas de medida para realizar la comprobación en ambos sentidos. Asimismo, no debe olvidarse comprobar el condensador en frío y en caliente.



↑ **Figura 6.17.** Resistencia de un cable de bujías.



↑ **Figura 6.18.** Comprobación de fugas en el condensador.

Comprobación de fugas en el condensador

Para comprobar si hay fugas en el condensador se utiliza la función de resistencia (ohms). Al cargarse el condensador, la resistencia deberá aumentar hasta infinito.

Cualquier otra lectura significa que hay que cambiar el condensador. Si este se encuentra montado en el vehículo es importante comprobar que los contactos del ruptor estén abiertos (momento de cargarse el condensador).

Sensores de posición de efecto Hall

Se utilizan para detectar directamente la posición del cigüeñal y/o de las levas en motores con sistemas de encendido sin distribuidor (DIS), para indicar al módulo de gestión del motor cuándo debe producirse el disparo de las bobinas de encendido (figura 6.19).

caso **práctico** inicial

Si en el taller no se dispone de equipo de diagnosis, se pueden comprobar los captadores más importantes con el polímetro.



→ **Figura 6.19.** Sensor Hall colocado en el árbol de levas.

En los motores HDI también disponen de captador Hall en el árbol de levas. El sensor indica la posición exacta del árbol de levas y en consecuencia qué cilindro se encuentra en compresión para inyectar el combustible en el momento exacto.

Los sensores de efecto Hall producen una tensión proporcional a la intensidad de un campo magnético que los recorre y que puede estar generado por un imán permanente o por una corriente eléctrica.

Comprobación de sensores de efecto Hall

A diferencia de los sensores magnéticos, los sensores de efecto Hall necesitan alimentación eléctrica, tiene tres cables, alimentación de referencia 12 o 5 V, masa y la señal o tensión generada por el captador.

Se comprueba si llega al conector la tensión de referencia de la batería, 12 o 5 V.

Se ajusta el multímetro para medir la señal o tensión de captador, se conecta entre la salida de señal y masa. La señal deberá variar entre 12 V y 0 V (la medida con el polímetro no es muy precisa al ser una señal cuadrada de 5 V).

Sensores de posición magnéticos (inductivos)

Consisten en un imán con una bobina de alambre enrollado a su alrededor. La distancia entre el captador y el corona o rueda fónica es muy importante, en algunos modelos se puede ajustar en cambio en otros dispone de una posición fija y no es regulable. No se debe olvidar comprobarla. Los valores característicos suelen estar comprendidos entre (0,8 mm y 1,8 mm).

El sensor inductivo magnético se puede comprobar de dos formas:

- Midiendo la resistencia óhmica del bobinado con el polímetro, normalmente tienen alrededor de 400 Ω (figura 6.20).
- Midiendo la señal de tensión alterna generada con el oscilocopio. La tensión aumenta con las revoluciones y es más precisa la medida con el osciloscopio.



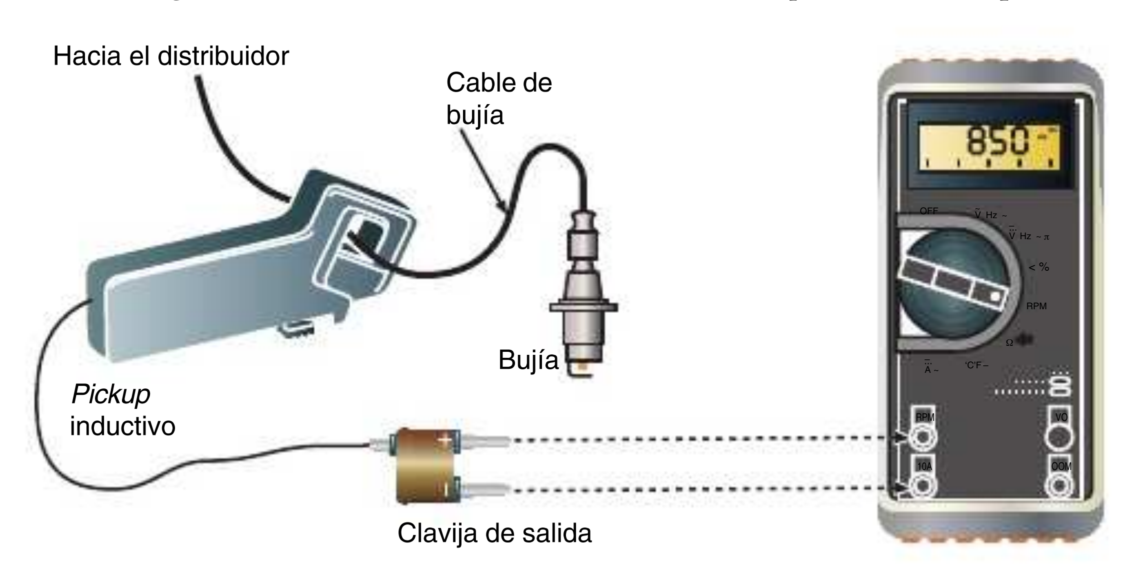
↑ **Figura 6.20.** Resistencia del captador inductivo de rpm y posición.

RPM

El *pickup* inductivo disponible como accesorio permite medir velocidades de giro del motor a partir de los impulsos de encendido del secundario captados en los cables de las bujías. Se fabrica en distintas versiones para sistemas de encendido convencional o sin distribuidor.

Medición de RPM con el *pickup* inductivo

El *pickup* inductivo convierte el campo magnético generado por la corriente del cable de bujía en un impulso que dispara una medida de velocidad de giro del motor (RPM). Para medir RPM con el pickup, se conecta la sonda a cualquier cable de bujía accesible y se selecciona la posición de ajuste normal (1) o la posición DIS (2) para leer el régimen de revoluciones correcto del motor que se está comprobando.



← **Figura 6.21.** Medida de rpm con polímetro.

Advertencia: dado que el sistema de encendido genera tensiones peligrosas, a fin de evitar sacudidas eléctricas se para el motor antes de conectar o desconectar el *pickup* inductivo.

Localización de drenajes de corriente

El consumo excesivo de corriente, generado por cortocircuitos internos en componentes y las conexiones a masa defectuosas son la causa principal de las fugas de corriente; para localizar estas fugas, se utiliza el multímetro digital. A menudo no parece existir relación entre el síntoma y el origen de la avería.

Algunos drenajes de corriente son normales y están causados por la alimentación necesaria para mantener datos almacenados en la memoria de los módulos de gestión.

La forma más eficaz de localizar los consumos de corriente o drenajes es la siguiente:

1º Colocar el polímetro en posición de amperímetro.

2º Desconectar un borne de la batería y colocar el amperímetro en serie con el borne de batería y borne desconectado (figura 6.12)

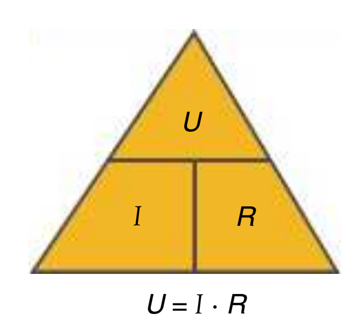
3º Comprobar el consumo eléctrico, sin contacto en toda la red del vehículo.

4º Si el consumo es grande y supera los 0,5 A, hay que localizar qué circuito se encuentra consumiendo corriente, para ello, se quita un fusible de un circuito y se ve si el consumo permanece sin disminuir. Al desconectar el fusible del circuito que causa el consumo el amperímetro marcará 0 A o el consumo mínimo de las memorias de los módulos.

recuerda

Triángulo de la ley de Ohm

Se pone un dedo sobre el valor que se desea averiguar. Se multiplican los otros dos valores si son contiguos o se dividen si están uno encima de otro.



donde:
U = voltios
I = corriente en amperios
R = resistencia en ohmios

↑ **Figura 6.22.** Triángulo de la ley de Ohm.

EJEMPLO

Calcula la resistencia para una lectura de 0,5 V en la conexión a masa de un circuito de arranque y un consumo de 100 amperios en el motor de arranque.

Solución:

Ley de Ohm:

$$U = I \cdot R$$

$$0{,}5\ \text{V} = 100\ \text{A} \cdot R$$

Despejando R:

$$R = \frac{0{,}5\ \text{V}}{100\ \text{A}} = 0{,}005\ \Omega$$

Como $R = 0{,}005\ \Omega$ es un valor muy alto; hay que limpiar la conexión 0,5 V al estar sucia o corroída.

Conexiones a masa defectuosas

Una elevada resistencia entre masas puede ser una de las anomalías eléctricas más frustrantes, ya que provoca extraños síntomas que no parecen tener nada que ver con la causa una vez que se averigua esta. Entre esos síntomas están: que unas luces se enciendan débilmente o cuando deberían encenderse otras distintas; que haya instrumentos cuyas indicaciones cambian al encender los faros; luces que no se encienden, etc.

Las resistencias altas en los cables de masa y en los de los sensores pueden provocar síntomas impredecibles de todo tipo en los nuevos sistemas controlados por ordenador.

Antes de fijar las conexiones se debe aplicar un lubricante dieléctrico de silicona para reducir el riesgo de corrosión. Este lubricante puede adquirirse en tiendas de suministros para equipos de radio.

Deben protegerse especialmente los terminales de masa situados en las proximidades de la batería, donde el ácido acelera la corrosión. Con frecuencia un cable que está completamente corroído a excepción de algunos filamentos produce el mismo síntoma que una conexión a masa corroída.

Examinar visualmente el conector aislado no es suficiente para estar seguro de que la conexión interior es satisfactoria. Se debe separar físicamente los conectores y frotar los contactos metálicos con papel de lija o un cepillo de alambre hasta que brillen y volver a montar la masa.

Caída de tensión

En los circuitos de un automóvil, incluso la más pequeña pérdida de tensión puede ser causa de mal funcionamiento. Se debe: ajustar el multímetro a las posiciones mV o VDC, conectar la punta de medida positiva (+) al lado del dispositivo más próximo al terminal + de la batería, la punta negativa (–) al lado más próximo al terminal – de la batería o a masa y activar la función mín./máx.

Para que el multímetro registre la caída de tensión detectada es preciso que circule corriente. Este procedimiento resulta útil para los componentes y conexiones (tanto en el lado positivo como en el negativo, es decir, masa) excepto solenoides, en los que se obtiene la lectura de tensión de la batería cuando se miden mientras se acciona el motor de arranque.

Las caídas de tensión no deberán exceder de los siguientes valores:

- 200 mV: hilo conductor o cable.
- 300 mV: interruptor.
- 100 mV: masa.
- 0 mV: a < 50 mV: conexiones de sensores.
- 0,0 V: conexiones.

Luneta térmica trasera

Los multímetros digitales permiten comprobar interrupciones en la rejilla de la luneta térmica trasera. La luneta lleva una serie de líneas horizontales hechas de un compuesto de plata cerámica conductora y aplicadas al horno sobre la cara interior de la luna de vidrio.

Los terminales van soldados a dos conductores verticales denominados barras colectoras, situados a cada lado de la luneta. Uno de ellos es la conexión de alimentación (tensión de la batería) y el otro la conexión a la masa del chasis.

La corriente llega a la luneta térmica, pasando por un relé, cuando está puesto el contacto y se encuentra cerrado el interruptor de conexión de la luneta, que absorbe unos 20 amperios (la rejilla conductora puede dañarse accidentalmente al colocar objetos en la bandeja posterior). Cuando se interrumpe el circuito en una de las líneas horizontales, deja de circular corriente por ella y esa línea no se calienta. Averiguando dónde está interrumpida, se podrá reparar con un equipo adecuado.

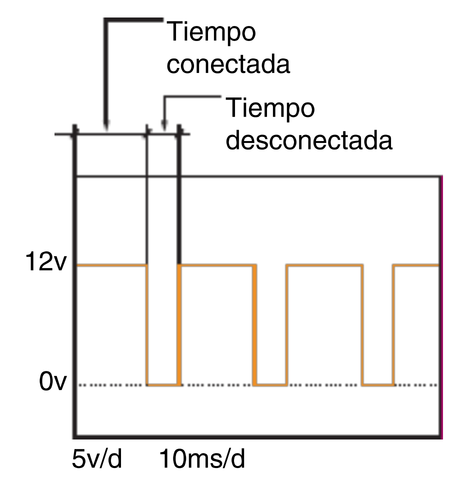


↑ **Figura 6.23.** Comprobación de la luna térmica.

Comprobación de la luneta térmica trasera

Se pone el motor en ralentí y se activa la luneta térmica. Se conecta la punta de medida negra del multímetro digital a una de las barras colectoras verticales y la punta roja a la otra barra. Con el instrumento ajustado para medir voltaje de corriente continua (DC) la pantalla deberá indicar de 10 a 14 voltios; una lectura inferior significa que hay un hilo de masa flojo o suelto.

Con la punta de medida negra del multímetro conectada a masa, se toca con la punta roja cada uno de los hilos horizontales de la rejilla en su parte central. Si la rejilla no tiene interrupciones se obtendrá una lectura de 6 voltios, aproximadamente. Una lectura de 0 voltios significa que el camino de la corriente está interrumpido entre el punto central y el lado de la rejilla conectado a la batería. Una lectura de 12 voltios indica que el circuito está interrumpido entre el punto central de ese hilo de la rejilla y masa.



↑ **Figura 6.24.** Señal pulsatoria de alimentación de la electroválvula del canister.

Ciclo de trabajo

El ciclo o factor de trabajo es la lectura obtenida en los circuitos modulados en anchura de impulsos como, por ejemplo, el del solenoide de purga del bote de carbón de la electroválvula del canister (figura 6.24). Un ciclo de trabajo del 100% significa que el solenoide está activado permanentemente, mientras que un ciclo de trabajo del 10% significa que el circuito solo está activado una pequeña parte del tiempo. La unidad de control electrónica (ECU) determina cuándo debe purgarse el bote, y con qué caudal, en función de ciertas variables, temperatura, la velocidad del vehículo y otros parámetros.

3. El osciloscopio

caso práctico inicial

El osciloscopio nos permite medir las señales de los captadores de forma precisa y eficaz y verificar su funcionamiento.



↑ **Figura 6.25.** Osciloscopio de tubo.

El osciloscopio es el equipo de medida más completo del taller de electricidad (figura 6.25), permite visualizar la señal eléctrica que genera o recibe un componente de un circuito eléctrico.

La pantalla del osciloscopio nos permite ver y medir la forma de la señal eléctrica aunque se produzca en un período de tiempo muy corto.

Actualmente se emplean los siguientes tipos de osciloscopios:

- De tubo con rayos catódicos.
- Integrados en el equipo de diagnosis.
- Digital de pequeño tamaño.

3.1. Osciloscopio de tubo de rayos catódicos

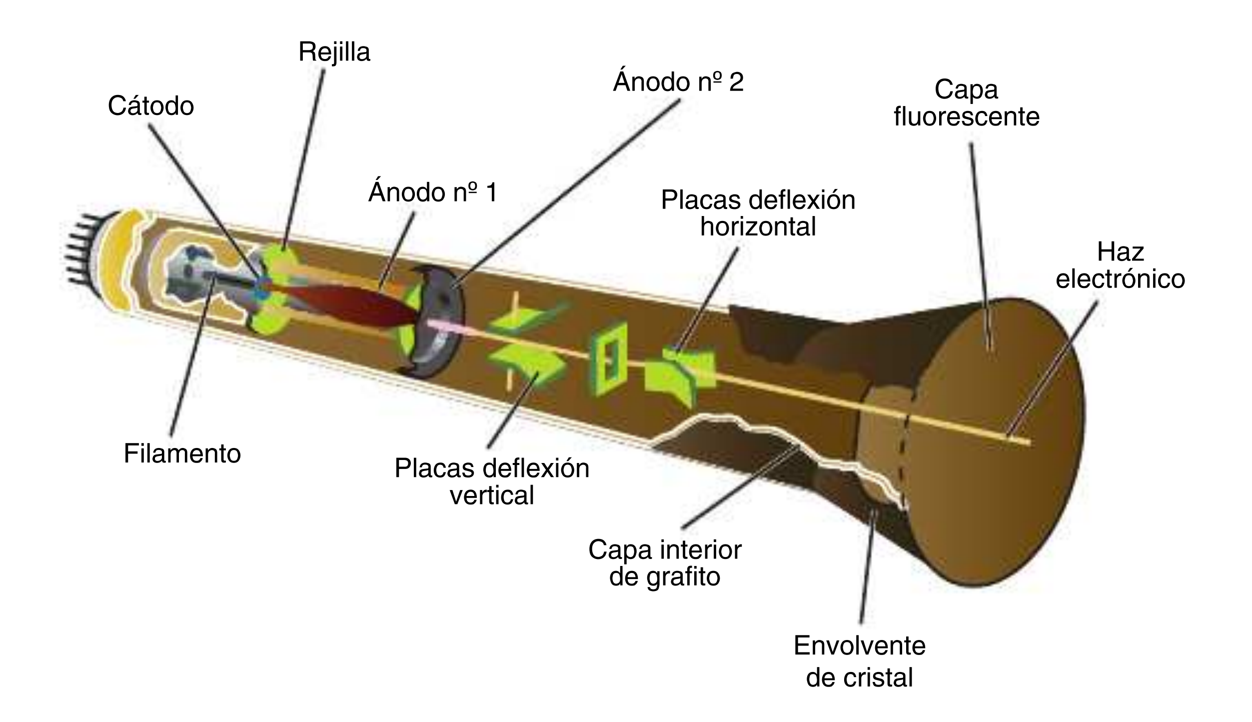
El osciloscopio de rayos catódicos se emplea en los laboratorios de electricidad. Dispone de dos canales con sus correspondientes botones de selección y ajuste de valores. Los principales componentes son: el tubo de rayos catódicos y la base de tiempos.

El tubo de rayos catódicos es un tubo de vacío de forma similar al tubo de imagen de un televisor convencional (figura 6.26). Está constituido por:

- Un cañón electrónico.
- Dos placas de deflexión vertical.
- Dos placas de deflexión horizontal.
- La pantalla.

El cañón electrónico genera y enfoca los electrones para que incidan en un punto de la pantalla. Los electrones son generados en el cátodo por calentamiento del filamento.

La intensidad del haz de electrones está controlada por el voltaje aplicado entre el cátodo y la rejilla de control. Otra función del cañón es la de enfocar y acelerar el haz mediante los ánodos de aceleración.



↑ **Figura 6.26.** Constitución de un tubo de rayos catódicos.

Las placas de deflexión, situadas entre el cañón y la pantalla, tienen la misión de desviar el haz de electrones en sentido vertical y horizontal. Al aplicar una tensión entre cada par de placas se forma un campo eléctrico de forma que, al pasar entre el haz de electrones, este es desviado hacia la placa que presenta potencial positivo respecto a la otra.

La pantalla luminiscente es la parte donde se dibujan las curvas que se desean observar y que es perpendicular al eje del tubo. La sustancia luminiscente utilizada (llamada a veces, erróneamente, fósforo) puede ser un ortosilicato de cinc, la willemita, cuya fluorescencia es verde. Se emplea también el sulfuro de cinc, que presenta un máximo de luminosidad en azul, sobre todo cuando se desea fotografiar la curva luminosa que se dibuja en la pantalla. También se recurre a sustancias cuya luminiscencia brinda una cierta persistencia, cuando se trata de estudiar fenómenos rápidos no periódicos. Para realizar las medidas en pantalla, esta dispone de unos ejes de coordenadas y una cuadrícula.

La base de tiempos

Para observar en un osciloscopio una señal que varía con el tiempo es necesario que el haz de electrones se desplace desde el borde izquierdo, desde la posición de un observador, al borde derecho de la pantalla con una velocidad constante. Esto se consigue con una señal en forma de diente de sierra que genera la base de tiempos.

Otra misión encomendada a la base de tiempos es generar un señal de disparo para que el haz de electrones en los sucesivos desplazamientos dibuje la misma parte de la señal que se desea ver.

Señalaremos que algunos osciloscopios permiten obtener simultáneamente varias curvas; otros, equipados con una doble base de tiempo, permiten el estudio de detalles de frecuencia elevada sobre señales de frecuencia más baja.

3.2. Osciloscopios integrados en el equipo de diagnosis

El osciloscopio integrado en los equipos de diagnosis es un equipo diseñado para medir señales generadas por los componentes eléctricos, alternador, sensores inductivos, Hall, sondas lambda etc. y las señales que de los módulos de gestión envían a los actuadores, inyectores, electroválvulas, motores paso a paso etc.

El osciloscopio está formado por los siguientes componentes:

- Receptor de señales y cables de conexión.
- Ordenador con programa de gestión y pantalla.

El receptor de señales es el interface que se emplea en el equipo de diagnosis y el ordenador con el programa específico para el osciloscopio. El interface recibe las señales eléctricas a través de los cables de toma de señales (figura 6.27) cable negro, masa del osciloscopio, azul y amarillo positivo y negativo de la señal que se desee medir.

El interface envía las señales por cable USB al ordenador con el programa instalado (figura 6.28). El ordenador procesa las señales y presenta en la pantalla del ordenador, todos los controles de canales, tiempos, tensión etc. El manejo del osciloscopio se realiza con el teclado del ordenador sobre los comandos de la pantalla. (figura 6.29).





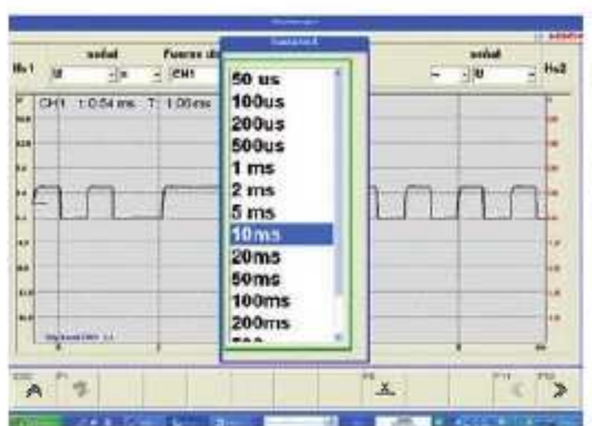
↑ **Figura 6.27.** Interface y cables de osciloscopio.



↑ **Figura 6.28.** Ordenador con pantalla.

Los fabricantes disponen de equipos con osciloscopios muy potentes diseñados de forma específica pasa sus vehículos; estos equipos permiten medir dos señales empleando dos canales o pantallas de medida. Las funciones adaptan de forma automática la pantalla al tamaño de la señal, sin necesidad de cambiar las escalas de tiempos y tensión manualmente, así como comandos internos que permiten realizar medidas muy precisas de las señales de forma automática.

Estos osciloscopios permiten desplazar un cursor sobre la imagen de la señal, la medida realizada aparece con los tiempos y las tensiones de las señales marcadas por el cursor directamente sobre pantalla (figura 6.30).



↑ **Figura 6.29.** Imagen de una señal.



↑ **Figura 6.30.** Pantalla del osciloscopio VAS 5051B.



↑ **Figura 6.31.** Osciloscopio digital portátil y pinza.

El osciloscopio de mano es un equipo de tamaño similar al polímetro, que dispone de la pantalla y los comandos propios de un polímetro, las reducidas medidas de la pantalla limitan la precisión de las medidas, solamente dispone de un canal de medida (figura 6.31).

La pinza de conexión es similar a la empleada en los osciloscopios de tubo y la principal ventaja del equipo radica en su reducido tamaño y su fácil manejo al no disponer de grandes posibilidades de medida.



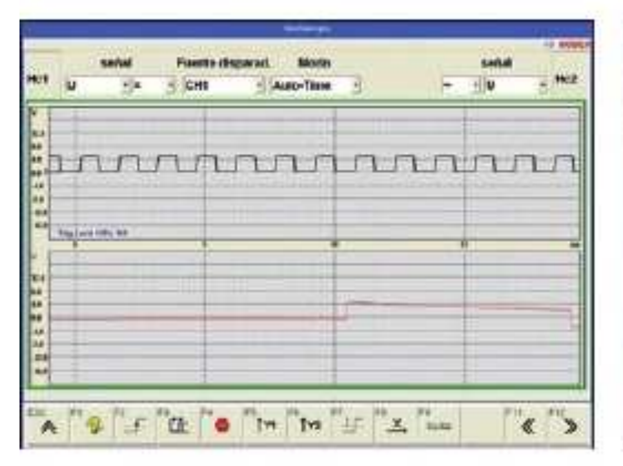
3.3. Aplicaciones de los osciloscopios en automoción

Las señales que con más frecuencia se examinan y analizan por medio del osciloscopio son los oscilogramas representativos de las tensiones de los captadores magnéticos de rpm y posición, captadores Hall, sonda lambda, tensión del primario y secundario de los encendidos así como las señales que las centralitas envían a los actuadores, inyectores, motores, señales de la red CAN Bus de datos y las generadas por el alternador.



Los osciloscopios con dos canales permiten visualizar las señales de dos captadores al mismo tiempo y comprobar cada captador y la sincronización entre ellos (figura 6.32).

Con un osciloscopio de dos canales se pueden medir las señales digitales de los dos cables de la red de datos CAN-Bus, cuando los dos cables no están cortados las señales aparecen como reflejadas en un espejo (figura 6.33).



↑ **Figura 6.32.** Señal de Hall de rpm y Hall del árbol de levas.



↑ **Figura 6.33.** Señal del CAN-Bus de datos.

3.4. Funciones básicas de un osciloscopio

Los osciloscopios disponen de un gran número de controles, funciones y opciones. Para utilizar correctamente el osciloscopio y sacarle el máximo rendimiento es necesario consultar el manual de manejo e instrucciones del fabricante.

Los controles básicos estándar del osciloscopio son los siguientes:

- Escala voltios/división (V/d).
- Escala tiempo/división (ms/d).
- Activación del disparo *(trigger)*.

Partimos de la idea básica de que la imagen eléctrica nos aparecerá en una plantilla cuadriculada. En función del valor que demos a cada cuadro (escalas), podremos determinar el valor de tensión, en vertical; y tiempo, en horizontal, de la imagen eléctrica que estemos midiendo.

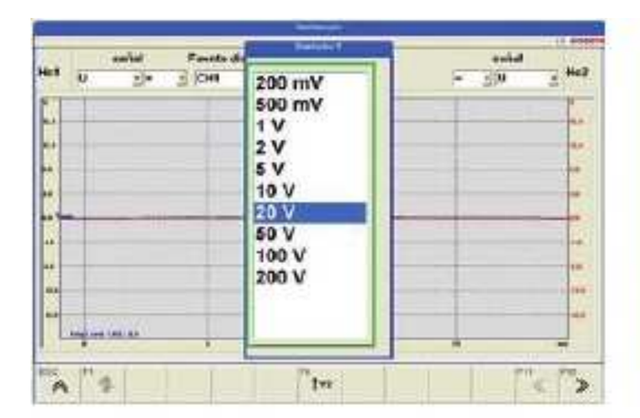
Voltios/división

Hemos de seleccionar la escala de medida más adecuada para que el osciloscopio pueda mostrar la imagen en pantalla y podamos medir el valor de tensión (figura 6.34). Si no seleccionamos correctamente la escala V/d, la señal no aparecerá en pantalla o aparecerá tan justa a la línea de 0 V que no podremos apreciar su valor.

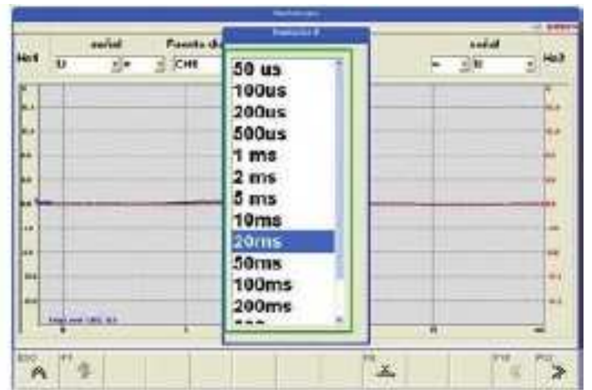
Considerando que la mayoría de los elementos eléctricos del automóvil funcionan a 12 V, la escala más adecuada será la de 5 V/d o 2 V/d.

Tiempo/división

Es la escala que nos permite ajustar el valor de tiempo que tendrá cada cuadrado en posición horizontal (figura 6.35). Una vez tengamos la imagen fija en pantalla, podemos medir el tiempo en que transcurre la señal analizada. Bastará con contar los cuadrados que ocupa y multiplicarlos por la escala ms/d.



↑ **Figura 6.34.** Selección de la tensión.



↑ **Figura 6.35.** Selección de tiempos.

La escala tiempo/división en los osciloscopios de tubo se puede ajustar en:

- Segundos/división (s/d).
- Milisegundos/ división (ms/d).
- Microsegundos/división (µs/d).

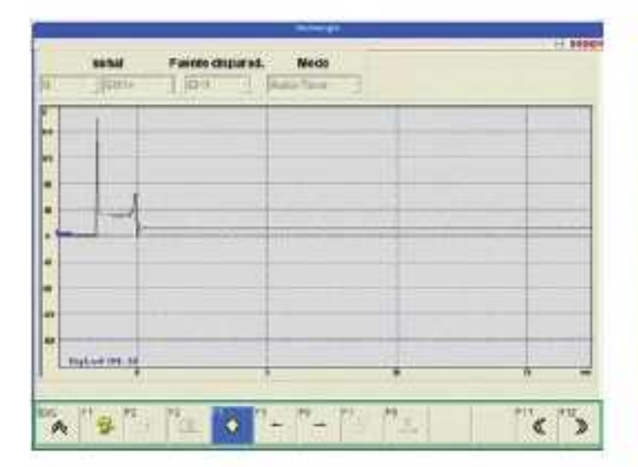
Si no seleccionamos correctamente la escala ms/d, puede que la onda no se vea completa en la pantalla o que salgan tantas imágenes juntas que sea imposible medir el tiempo transcurrido.

En resumen, tenemos que ajustar la base de tiempos de forma que nos permita observar claramente la imagen en pantalla y que sea posible medir el tiempo transcurrido.

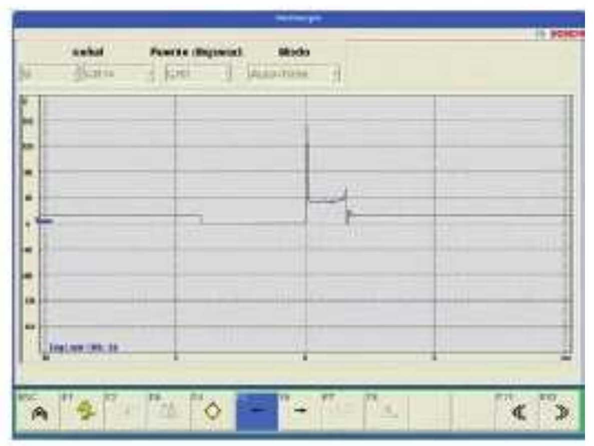
Trigger (disparo)

El *trigger* o disparo es el que determina la posición en que la imagen se verá en la pantalla (figura 6.36). Es decir, podemos determinar el punto horizontal y vertical en el que queremos que la imagen empiece y se estabilice en la pantalla del instrumento.

Dicho de otra manera, el *trigger* nos permite parar la onda en pantalla para poder observarla y medirla (figura 6.37). Si no ajustamos correctamente el *trigger*, la onda no tendrá ningún punto fijo e irá desfilando continuamente por la pantalla. En estas condiciones es muy difícil la medida.



↑ **Figura 6.36.** Disparo con F4.

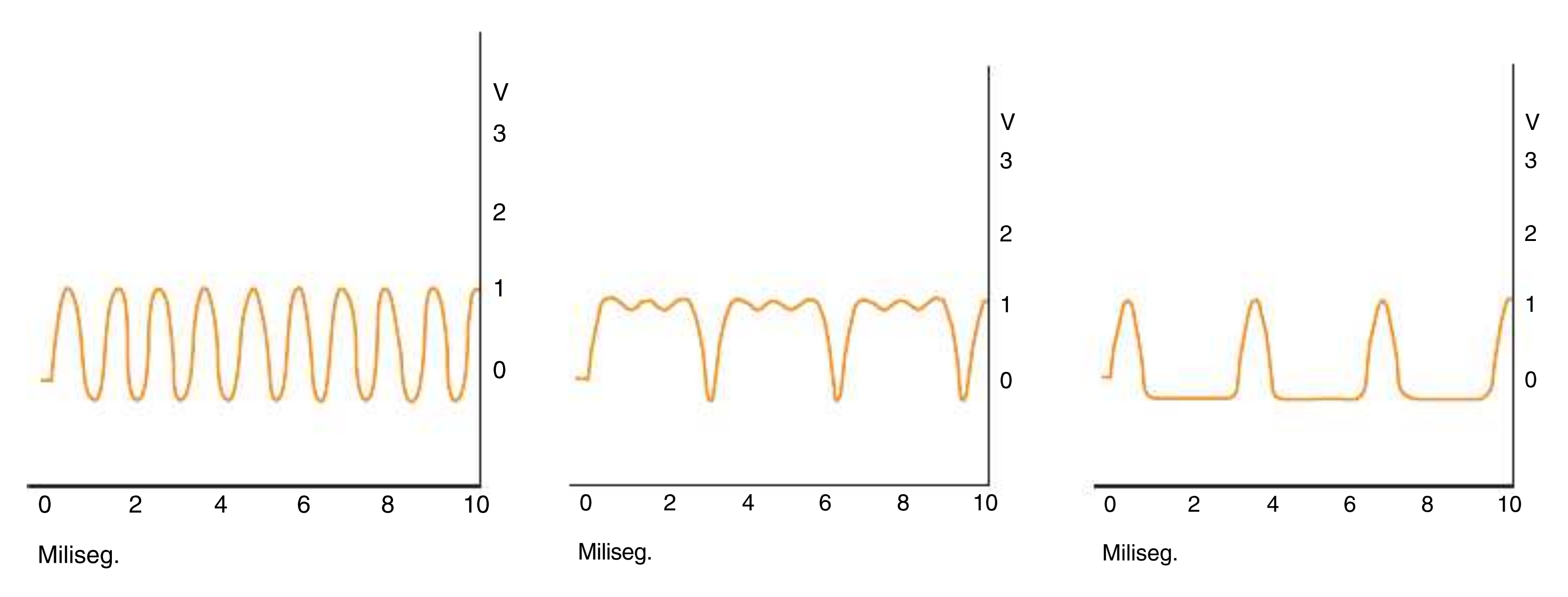


↑ **Figura 6.37.** Desplazar la imagen con F 5.

Circuito de carga

Las anomalías en el circuito de carga son generalmente debidas a diodos en mal estado. Los siguientes oscilogramas muestran el trazado normal correspondiente a un funcionamiento correcto de los diodos (figura 6.38), diodos perforados o interrumpidos (figura 6.39) y diodos en cortocircuito (figura 6.40).





↑ **Figura 6.38.** Funcionamiento normal del circuito de carga.

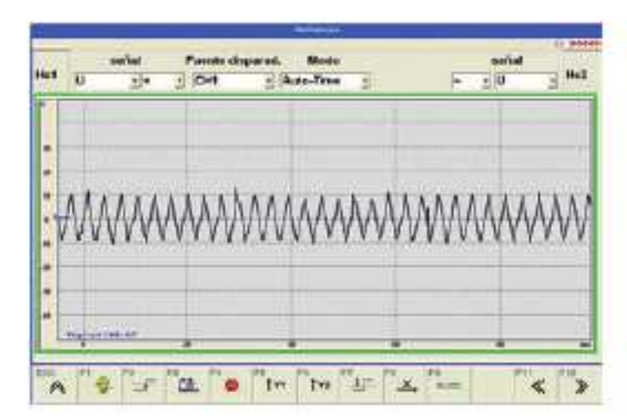
↑ **Figura 6.39.** Fallo diodos perforados.

↑ **Figura 6.40.** Fallo diodos en cortocircuito.

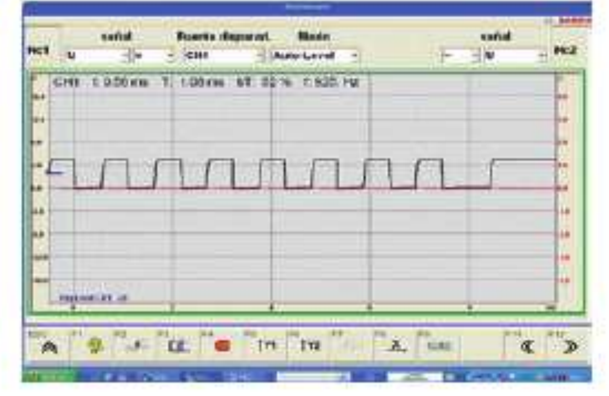
Sensor de revoluciones y punto muerto superior

Las señales de revoluciones y del punto muerto pueden ser de dos tipos:

- Captadores inductivos generan una onda senoidal (figura 6.41).
- Captadores Hall con ondas cuadradas (figura 6.42).



↑ **Figura 6.41.** Señal senoidal de un captador inductivo.



↑ **Figura 6.42.** Señal cuadrada de un captador Hall.

Tiempos de inyección

Los tiempos de inyección se miden en milisegundos. Tiene gran importancia la variación de estos tiempos, dependiendo de las condiciones de trabajo del motor térmico y de la carga, si al motor se le pide potencia, por ejemplo subiendo una pendiente, el módulo de gestión alarga los tiempos de inyección para aumentar la alimentación de gasolina.

En ralentí los tiempos de inyección se encuentran entre los 1,5 a 3 milisegundos, dependiendo siempre del diseño del motor y el sistema de inyección.

Para verificar las variaciones de tiempo de inyección, se puede probar por ejemplo a desconectar el sensor de la temperatura del motor, o variar la posición del medidor de flujo.

En la figura 6.43 se representa un oscilograma correspondiente a una señal típica de tiempo de inyección.

caso práctico inicial

La medida de los tiempos de inyección con el osciloscopio detecta rápidamente los fallos, pero no conocemos qué componente es el los provoca.



↑ **Figura 6.43.** Señal de tiempo de inyección.

4. Equipos de diagnosis

↑ **Figura 6.44.** Equipo de diagnosis de SEAT VAS-5051B.



↑ **Figura 6.45.** Equipo universal KTS 570.



↑ **Figura 6.46.** Equipo de diagnosis BERTON.

saber más

Protocolos empleados por algunos fabricantes.

ISO 14230 lo utiliza Renault.

KWP 1281 y KWP 2000 utilizado por el grupo VAG.

SAE J1850 PWM utilizado por Ford USA.

Actualmente, la totalidad de los vehículos automóviles que se fabrican van equipados con un conjunto de microprocesadores y memorias, que forman unidades de control y actuación. Cada conjunto mecánico o electromecánico dispone de su unidad electrónica de control, el motor, la caja de cambios automática, el ABS/ESP etc.

Los módulos electrónicos o centralitas de control realizan tres funciones básicas:

- Recibir las señales de los actuadores y procesar la gestión.
- Comunicar esa información al resto de módulos por la red Can Bus.
- Memorizar las averías.

Para poder reparar las averías que se producen en los conjuntos que disponen de centralita de gestión, es necesario disponer de un equipo de diagnosis, que pueda entrar en la memoria de los módulos de gestión y comunicarse con él.

Los equipos de diagnosis pueden ser de dos tipos:

- Equipo de diagnosis del fabricante del vehículo, Opel, Renault, Seat, etc.
- Equipos de diagnosis universales, Bosch KTS, Berton, Texa Axone, etc.

Los servicios oficiales disponen del equipo de diagnosis de su marca, el equipo de diagnosis es el ideal para trabajar con los modelos del fabricante, pero no permite realizar la diagnosis de otros modelos. Los equipos de diagnosis oficiales (figura 6.44.) permiten incorporar el *software* de actualización de sus modelos «calibración» de las unidades de control, adaptación de llaves nuevas, etc.

Los equipos de diagnosis universales (figuras 6.45 y 6.46) son ideales para los talleres multimarca, permiten entrar en la mayoría de vehículos, realizando las funciones básicas del equipo. No permiten actualizar el *software* de los módulos de gestión.

4.1. Características

Para que un equipo de diagnosis pueda leer la memoria de averías de un modelo es necesario que el equipo y el módulo de gestión empleen un lenguaje o protocolo compatible y que se pueda realizar la conexión eléctrica con el equipo de diagnosis.

En los primeros modelos cada fabricante empleaba una conexión propia y adaptada a sus equipos de diagnosis, lo que complicaba enormemente la diagnosis de los vehículos fuera de los servicios oficiales. En la figura 6.47 aparece el conector que BMW ha empleado en sus modelos hasta la implantación del conector ISO 15031 (figura 6.48).

El conector ISO 15031 se utiliza con el OBD II (On Board Diagnostics = Diagnóstico de a Bordo) y el EOBD (European on Board Diagnostics = Diagnóstico de a Bordo Europeo) es de uso obligado desde el año 2000 en motores de gasolina y 2004 en los turismos con motor Diesel, en Europa.

Si el vehículo no dispone de conexión universal tipo EOBD, para conectar con un equipo de diagnosis, debemos conocer el esquema eléctrico del conector y de todos los terminales cual es el la línea K. La diagnosis de las centralitas antiguas en su mayoría se puede diagnosticar a través de la citada línea K.




↑ **Figura 6.47.** Conector BMW antiguo.


↑ **Figura 6.48.** Conector EOBD ISO 15031.

saber más

La norma EURO-5 implantará el protocolo SAE J2534-Pass-Thru utilizado en la reprogramación (Flash) de unidades de control en el vehículo. La norma EURO-5 obliga a que las unidades de control puedan reprogramarse vía Pass-Thru, lo que permitirá que los equipos universales tipo KTS se puedan emplear para reprogramar unidades con el software específico del fabricante.

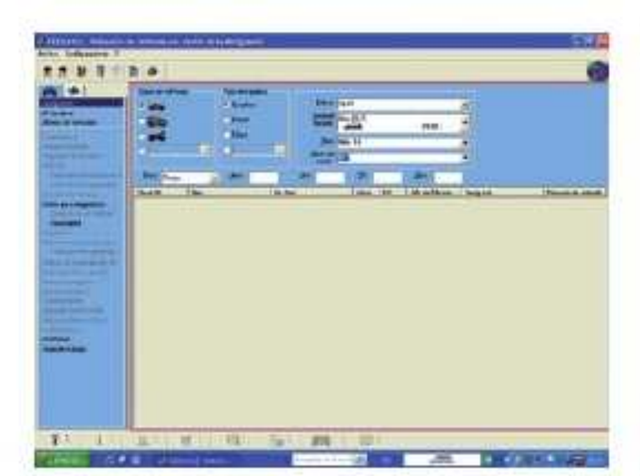
A continuación se indican las características más relevantes que poseen los equipos de diagnosis.

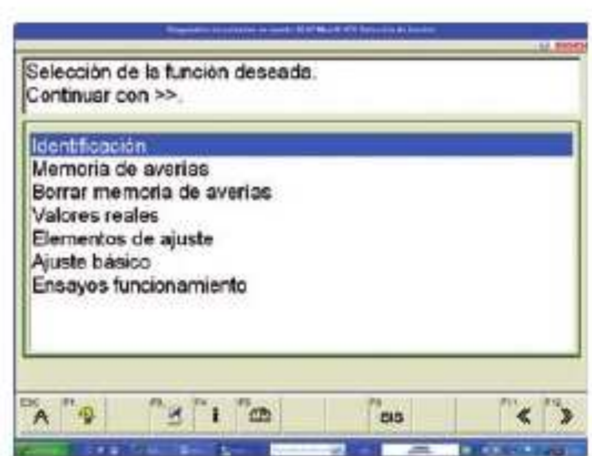
- Diagnosis guiada de unidades de control, dominando los principales protocolos de diálogo (BC, ISO, SAE, OBD, EOBD, OBDII, etc).
- Base de datos de las principales marcas y modelos existentes en el mercado, incluyendo:
  - Descripción de los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo, con datos técnicos, esquemas eléctricos, planos de mantenimiento, etc.
  - Descripción con imágenes de la ubicación de los componentes del sistema.
  - Indicación de las conexiones a realizar.
  - Valores nominales y de trabajo de cada componente, con diagnóstico (test de componentes).
- Localización guiada de averías con:
  - Identificación del código de la avería.
  - Bloques de valores de la medición.
  - Representación de parámetros con imagen gráfica.
  - Prueba de actuadores.
  - Memoria y borrado de averías.
  - Ajuste básico.
- Comunicación interactiva con otros sistemas informáticos.
- Multímetro y osciloscopio para automoción, de características descritas en los apartados anteriores.

caso **práctico** inicial

Los equipos de diagnosis son ideales para leer la memoria de averías de los módulos de gestión y localizar el componente que está fallando.

El equipo de diagnosis nos localiza las averías que tiene el vehículo memorizadas P 1543 y P 1172, fallos en los captadores de posición «potenciómetros» del **EPC, (Electronic Power Control, acelerador electrónico).**

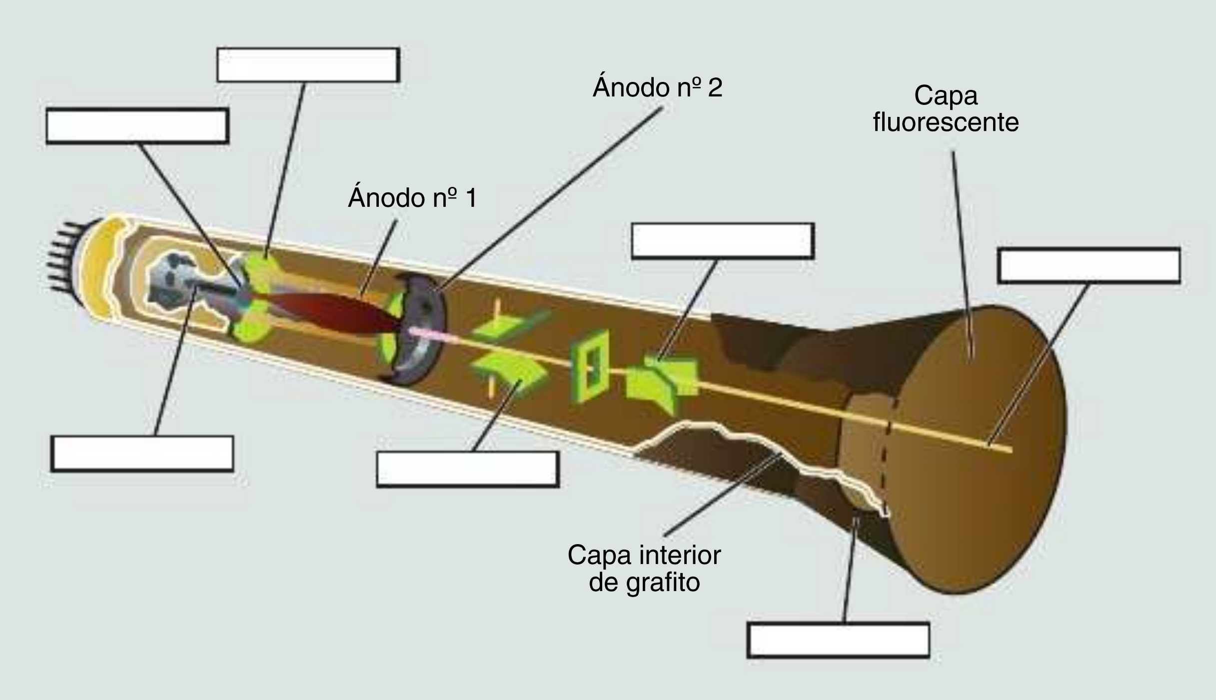

↑ **Figura 6.49.** Pantalla de inicio y selección del vehículo.



↑ **Figura 6.50.** Pantalla de funciones en la unidad de control.

ACTIVIDADES FINALES

1. ¿Por qué no son recomendables los multímetros analógicos?
2. ¿Qué accesorio se precisa en los polímetros digitales para medir revoluciones?
3. ¿Por qué es necesario seguir un proceso lógico en la detección de averías?
4. ¿Cuáles son las preguntas que debes plantearte a la hora de hacer un diagnóstico de averías?
5. Relaciona y comenta las diferencias entre un multímetro y un osciloscopio.
6. Copia el dibujo en tu cuaderno y anota los nombres de los componentes que faltan en el tubo de rayos catódicos.



↑ **Figura 6.51.**

7. ¿Cuál es la misión de las placas de deflexión en los tubos de rayos catódicos?
8. ¿Qué misión tiene la base de tiempos en un osciloscopio?
9. Por medio del polímetro, comprueba el estado de carga de una batería.
10. Comprueba la corriente que produce un alternador sin desmontarlo del vehículo, utilizando un multímetro y una pinza amperimétrica.
11. Por medio del multímetro, comprueba la corriente de fuga de los diodos de un alternador montado en el vehículo.
12. Determina la corriente absorbida por un motor de arranque mediante una pinza inductiva acoplada al multímetro.
13. Conecta el osciloscopio y mide la señal de un captador inductivo y otro del tipo Hall. ¿Qué diferencias encuentras entre las dos señales?
14. Entra, con ayuda de un equipo diagnosis universal, en la memoria de averías de un vehículo y mira si tiene alguna avería memorizada y realiza el borrado.



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. ¿Cómo se conecta un voltímetro en el circuito?
a) Depende del circuito.
b) En serie.
c) En paralelo.
d) En serie-paralelo.

2. ¿Cómo se conecta un amperímetro en el circuito?
a) Depende del circuito.
b) En serie.
c) En paralelo.
d) En serie-paralelo.

3. Si la magnitud eléctrica que vamos a medir es una resistencia…
a) El óhmetro lo conectamos entre el principio y el final del componente que queremos medir, pero siempre con el componente provisto de corriente.
b) El ohmímetro lo conectamos entre el principio y el final del componente que queremos medir, pero siempre con el componente desconectado de corriente.
c) Tenemos que mirar si esa resistencia se puede medir.
d) El amperímetro lo conectamos en paralelo con la resistencia.

4. ¿Qué valores de resistencia tienen aproximadamente los cables de las bujías?
a) 30 kΩ por metro.
b) 10 kΩ. por metro.
c) 20 kΩ. por metro.
d) Los cables de las bujías no tienen resistencia.

5. En las bobinas de encendido, el arrollamiento con mayor resistencia es…
a) El primario.
b) El secundario.
c) Depende del modelo de bobina.
d) Depende de cómo estén conectados interiormente.

6. Si queremos ver señales eléctricas complejas que varían muy rápido, ¿qué aparato utilizarías?
a) Un voltímetro.
b) Un osciloscopio.
c) Un amperímetro.
d) Un óhmetro.

7. Una de las sustancias luminiscentes utilizada en las pantallas de los osciloscopios puede ser…
a) El germanio.
b) El silicio.
c) Fósforo.
d) Willemita.

8. Si no seleccionamos correctamente la escala Voltios/División en un osciloscopio…
a) Corremos el riesgo de no apreciar el valor de la señal.
b) La onda no tendrá ningún punto fijo e irá desfilando continuamente por la pantalla.
c) El osciloscopio no mide.
d) Salen tantas imágenes juntas que nos es imposible evaluar la señal.

9. En los circuitos modulados en anchura de impulsos, ¿qué nos indica el ciclo o factor de trabajo?
a) No indica nada, ya que no hay circuitos modulados en anchura de impulsos.
b) El porcentaje de tiempo que permanece desactivado ese circuito.
c) El porcentaje de tiempo que permanece activado ese circuito.
d) Depende del circuito.

10. ¿Qué fabricante emplea el protocolo ISO 14230?
a) Renault.
b) Audi.
c) Volvo.
d) Ford USA.

PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Maleta de cables para pinchar en las conexiones

MATERIAL

- Equipo de diagnosis con osciloscopio
- Esquema eléctrico del cambio automático

Medir la señal de un captador inductivo de un cambio automático empleando el osciloscopio de un equipo de diagnosis

OBJETIVO

Aprender a manejar el osciloscopio realizando medidas reales sobre Captadores.

PRECAUCIONES

Localizar correctamente los dos cables del captador inductivo, para no pinchar incorrectamente.

DESARROLLO

1. Conectar el interface del equipo de diagnosis al conector EOBD del coche y las conexiones del osciloscopio, masa de osciloscopio y los dos cables de medida azul y amarillo (figura 6.52).

2. Quitar la tapa de la conexión eléctrica de la unidad de control del cambio y localizar dos cables del captador, mirando el esquema eléctrico del cambio automático. Pinchar con los dos cables de pruebas en las conexiones de la centralita (figura 6.53). La pinza de masa del osciloscopio está conectada en el tornillo del amortiguador.



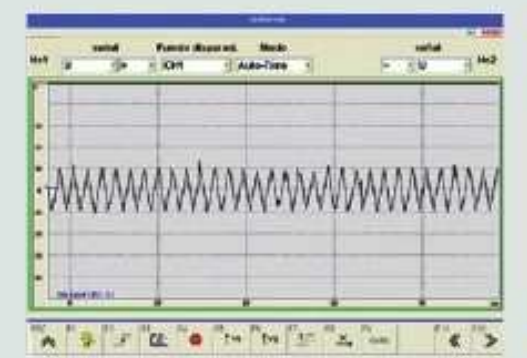
↑ **Figura 6.52.** Conectar los cables del osciloscopio.



↑ **Figura 6.53.** Pinchar en los dos cables del captador inductivo.

3. Arrancar el motor, seleccionar en el equipo de diagnosis la función osciloscopio de 1K y realizar la medida de la señal ajustando las escalas de los tiempos a 20ms y tensión 10 V. La señal al ralentí (900 rpm) es una corriente alterna con una tensión de pico a pico de 10 V y 6 periodos en 20 ms aproximadamente (figura 6.54).

4. Pisar el pedal del acelerador y comprobar la tensión a 2.000 rpm. La tensión aumenta hasta los 25 V de tensión entre picos de la onda y los periodos aumentan a 20 en 20ms aproximadamente (figura 6.55).



↑ **Figura 6.54.** Señal del captador inductivo a 900 rpm.



↑ **Figura 6.55.** Señal del captador a 2000 rpm.



Leer la memoria de averías, empleando el equipo de diagnosis universal de Bosch

HERRAMIENTAS

- Equipo de diagnosis universal de Bosch

MATERIAL

- Vehículo con gestión electrónica del motor y conexión OBD

OBJETIVOS

Aprender a conectar y manejar un equipo de diagnosis para leer la memoria de averías.

PRECAUCIONES

Las normales con equipos de medida y diagnosis, evitar los golpes y realizar las conexiones con cuidado.

DESARROLLO

1. El vehículo tiene en el cuadro de control encendida la luz indicadora de avería de la gestión de motor. Para localizar la avería se procede a conectar el equipo de diagnosis al conector OBD del vehículo (figura 6.56).
2. Una vez conectado, se procede a realizar la localización de las averías memorizadas en las unidades de control. El primer paso es seleccionar el vehículo en la pantalla del equipo (figura 6.57).
3. Una vez seleccionado la marca, modelo, tipo de motor y potencia se carga el equipamiento en el programa y se pincha en tester para diagnóstico para conectar con las centralitas seleccionadas y leer las averías memorizadas, en este caso lleva una inyección Marelli 4TV y tiene 7 averías (figura 6.58).
4. Pinchando con el cursor en motor se entra en la pantalla de opciones para leer las averías (figura 6.59).
5. Las averías aparecen identificadas con una letra P 1543 y el texto explicativo, en la avería nº 2. Es el sensor de posición de la mariposa 1. Señal demasiado baja.

   La avería nº 3 es una avería similar a la nº 2. Las dos averías importantes están relacionadas con el acelerador electrónico EPC con motor paso a paso y sus dos captadores de posición.



↑ **Figura 6.56.** Conectar el equipo al vehículo.



↑ **Figura 6.57.** Búsqueda de unidades.



↑ **Figura 6.58.** Seleccionar el vehículo, marca, motor, etc.



↑ **Figura 6.59.** Memoria de averías.



↑ **Figura 6.60.** Avería Nº 2.

MUNDO TÉCNICO

Hella y Gutmann se alían para prestar servicios de diagnóstico en reparación de vehículos en talleres

Hella, grupo alemán proveedor de la industria del automóvil, ha creado una sociedad conjunta con Gutmann para facilitar a los talleres soluciones técnicas relacionadas con el diagnóstico de vehículos en reparación que permitan la óptima reparación de averías, informó Hella.

La nueva sociedad, que se denominará Hella Gutmann, está previsto que esté operativa a lo largo de este año . Su constitución está sujeta a la obtención del visto bueno por parte de las autoridades de Competencia.

Con la alianza, ambas partes aspiran a conseguir una fuerte implantación en el mercado europeo de diagnosis de vehículos, que presenta una red potencial de 20.000 talleres y distribuidores.

La 'joint-venture' entre ambas firmas combinará la capacidad de Gutmann en el área de equipos de diagnósticos de automóvil con las actividades de Hella como proveedor de datos técnicos para la reparación de vehículos en el mercado del recambio independiente.

En el caso de Hella, el acuerdo le permitirá ampliar su gama de servicios en el área de electrónica con sistemas integrados para el diagnóstico de vehículos donde actualmente opera con su equipo inalámbrico Hella DDS



que, según sus datos, cubre más del 80% del parque español, y que, con la nueva alianza, pasa a formar parte de la gama Hella Gutmann.

Además, esta sociedad considera que la 'joint-venture' reforzará su posición de proveedor 'todo en uno' para los talleres proporcionándoles tanto los datos técnicos como equipos de diagnosis, y los recambios necesarios para una reparación rápida y efectiva, pero también la formación y el apoyo necesario a través de una línea de asistencia técnica para sus clientes.

MADRID, 4 Sep. (EUROPA PRESS)



EN **RESUMEN**

- **EQUIPOS DE MEDIDA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA PARA AUTOMOCIÓN**
  - **MEDIDA DE SEÑALES**
    - Tensión
    - Intensidad
    - Resistencia
    - **POLÍMETRO**
      - Voltímetro
      - Óhmetro
      - Amperímetro
  - **MEDIDA Y VISUALIZACIÓN DE SEÑALES**
    - Captadores
    - Actuadores
    - **OSCILOSCOPIO**
      - De tubo
      - Digital
      - Integrados en el equipo de diagnosis
  - **MEDIDA Y VISUALIZACIÓN DE SEÑALES + SISTEMA DE DIAGNOSIS**
    - Módulos de gestión
    - **EQUIPO UNIVERSAL DE DIAGNOSIS**
      - Localiza averías
      - Borrado de averías
      - Prueba de actuadores
      - Miden valores reales
      - Ajuste básico de componentes

entra en internet

1. Busca en Internet fabricantes de equipos de diagnosis y localiza las características de sus equipos.
2. Entra en la página web de fabricantes de osciloscopios para estudiar sus características.
3. Busca información sobre el equipo de diagnosis de BOSCH.
4. Busca información sobre OBD y OBDII.

7 La batería



vamos a conocer...

1. Características constructivas y eléctricas de las baterías
2. Procesos de trabajo con baterías
3. Mantenimiento de los acumuladores
4. Avances en la fabricación de baterías
5. Acoplamiento de baterías

PRÁCTICA PROFESIONAL

Comprobar el estado de carga de una batería

Localizar drenajes de corriente en un vehículo debidos a la descarga de la batería

MUNDO TÉCNICO

La batería: el alma del auto

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás la misión de la batería, la constitución y el proceso de carga y descarga.
- Estudiarás las características eléctricas de las baterías, capacidad, tensión, rendimiento etc.
- Aprenderás a comprobar el estado de carga de la batería y a cargarla.
- Conocerás los dispositivos de gestión de las baterías en vehículos modernos.
- Conocerás los nuevos tipos de baterías.
- Aprenderás a realizar conexiones de baterías, serie, paralelo y mixto.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Auto recambios Jiménez es una empresa de venta de recambios de vehículos, es el distribuidor del grupo Serca en Sevilla. La empresa dispone de una pequeña flota de vehículos para realizar los repartos de componentes al taller.

Uno de los vehículos que dispone es un Córdoba Diesel, el coche funciona perfectamente cuando el vehículo lo mueven todos los días, arranca con facilidad y no tiene ningún problema, cuando el vehículo permanece varios días parado, le cuesta arrancar, el motor de arranque gira muy lentamente y necesita un autoarrancador para ponerlo en marcha.

El vehículo lo han llevado a un taller de la zona y cliente de la empresa para reparar la avería.

El jefe del taller lo primero que pregunta es la antigüedad de la batería. La batería tiene dos años, no es vieja, mantiene la tensión y no se encuentra comunicada.

El siguiente paso que realiza es comprobar que el alternador funciona y carga la batería con normalidad.

Cuando una batería no está envejecida ni comunicado un vaso y el alternador carga, el problema puede ser un consumo excesivo de corriente con el vehículo parado.

Para comprobar drenajes excesivos, se siguen las indicaciones del fabricante, se considera un consumo normal en este vehículo de 0,25 A. La medida se realiza con un amperímetro de escala adecuada 10 A, desconectando el borne negativo de la batería, al realizar la medida de la corriente se comprueba que tiene un consumo de corriente excesivo, supera los 0,25 A.

La búsqueda del drenaje se realiza siguiendo un proceso de localización del circuito que se encuentra funcionando, desconectando, fusibles y relés que alimentan los circuitos.



estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué importancia crees que tiene la batería en el funcionamiento del vehículo?
2. ¿Como crees que afecta la antigüedad de la batería en su funcionamiento?
3. ¿Qué importancia tiene el alternador en el funcionamiento de la batería?
4. ¿Qué medidas de seguridad personales y tratamiento de residuos se deben emplear en las trabajos con baterías?



1. Características constructivas y eléctricas de las baterías

1.1. Misión de la batería

caso práctico inicial

La tensión de la batería del modelo Córdoba es 12 V.

La batería es el componente eléctrico de referencia de todos los circuitos eléctricos del vehículo. La tensión de la batería define la tensión de los componentes eléctricos del vehículo: lámparas, alternador, motor de arranque, etc. Todos los componentes están diseñados para trabajar con la tensión de la batería (figura 7.1). Algunos modelos clásicos montaban baterías de 6 V, la mayoría de automóviles 12 V y los camiones y autobuses 24 V.



↑ **Figura 7.1.** Bloque hidráulico de 24 V.

Como se ha estudiado en anteriores unidades, la batería es un acumulador de corriente continua. Es como un almacén capaz de transformar la energía eléctrica que recibe del generador (alternador en la mayoría de vehículos) en energía electroquímica y almacenarla en su interior. La energía eléctrica almacenada en la batería se encuentra preparada para, posteriormente, cuando sea requerida, realizar el proceso contrario y transformar la energía electroquímica almacenada en eléctrica.

La batería es requerida desde el mismo momento en que queremos arrancar el vehículo, pues necesitamos una fuente que suministre la energía necesaria para hacer funcionar el motor de arranque a un mínimo de revoluciones que sean suficientes para que se produzca la ignición de la mezcla.

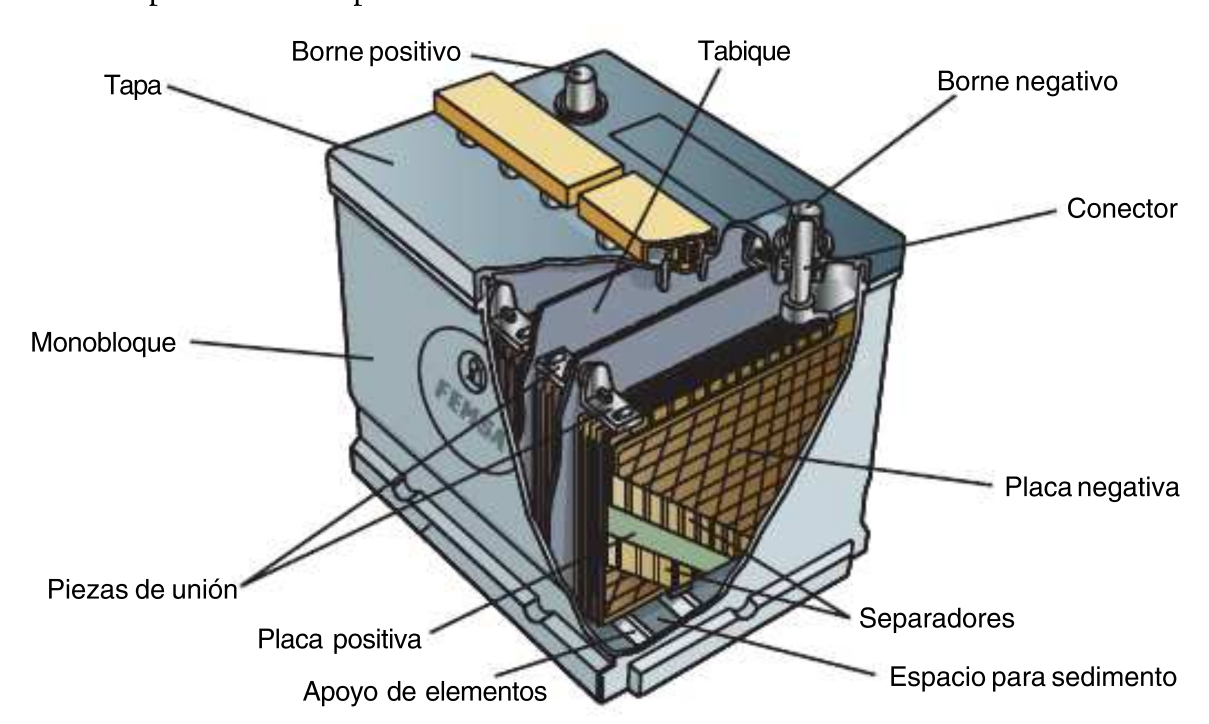
Con el motor térmico parado o girando a pocas revoluciones, el generador del vehículo no es capaz de suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar a los, cada vez más sofisticados, servicios del sistema eléctrico del vehículo. Por ello es la batería quien aporta esta energía.

1.2. Constitución de la batería

Las baterías para automóviles están constituidas por un recipiente denominado monobloque, dividido interiormente en celdas que contienen unas placas con sustancias activas, debidamente separadas por aislantes, formando unos conjuntos compactos. Estos conjuntos están sumergidos en un electrólito, y conectados en serie por medio de puentes.

recuerda

La corriente empleada en la batería es corriente continua, la corriente alterna, empleada en las viviendas y talleres no se puede acumular en baterías.



→ **Figura 7.2.** Componentes de una batería.

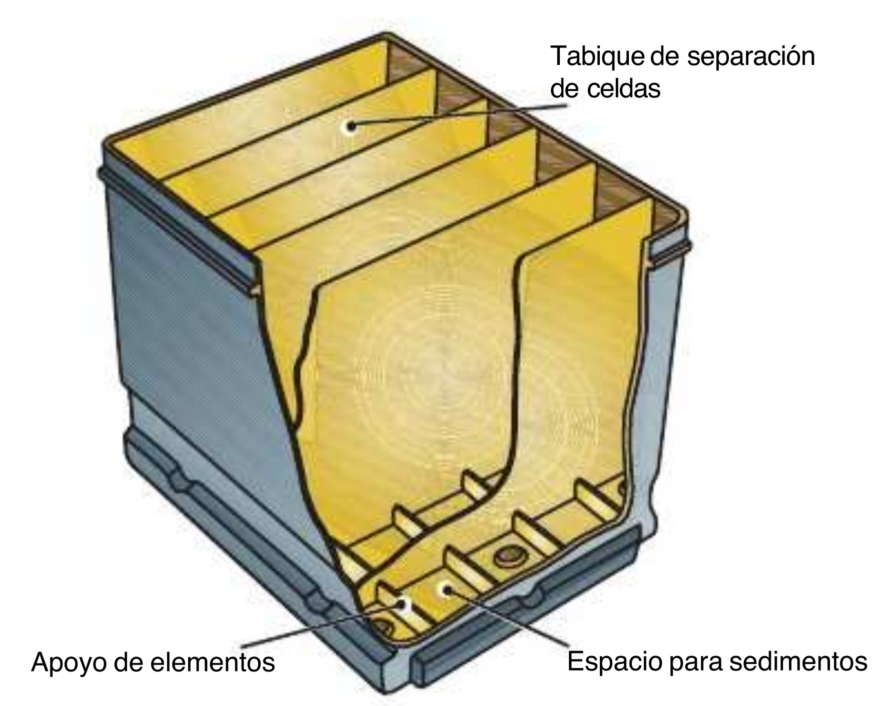


El monobloque queda cerrado en su parte superior por una tapa, que contiene los orificios de respiración de la batería, y los bornes exteriores de conexión. Las baterías generalmente utilizadas en automoción son las de plomo-ácido (figura 7.2).

Las baterías de plomo y ácido empleadas en la mayoría de vehículos están formadas por los siguientes componentes:

1. **Monobloque.** Forma la caja o recipiente. Normalmente consta de tres o seis celdas independientes (figura 7.3), en cuya parte inferior se disponen apoyos donde descansan los elementos y que impiden que se produzcan cortocircuitos a través de sedimentos.

Debido a que tiene que soportar temperaturas extremas, así como las vibraciones del vehículo, se fabrican de polipropileno, plástico altamente resistente a las temperaturas y al ácido del electrólito. Antiguamente se realizaban de ebonita (caucho vulcanizado, mezclado con negro de humo y otros elementos de relleno).



← **Figura 7.3.** Caja monobloque.

2. **Tapa.** Cierra la caja o recipiente por su cara superior. Se fabrica del mismo material que el monobloque. Incorpora unos orificios en forma de torreta, destinados a la salida de gases, por donde se introduce el agua destilada (figura 7.4).

La tapa también incorpora un agujero en cada extremo por el que salen al exterior los dos bornes del acumulador (el positivo y el negativo).

Los orificios de llenado van provistos de un tapón con un pequeño orificio central por el que salen los gases que se producen en el interior de la batería debido a las reacciones químicas. El tapón está diseñado de tal forma que, con la salida de los gases hacia el exterior, no sea arrastrado el líquido electrólito.

3. **Placas.** Las placas, que pueden ser negativas o positivas, están compuestas por una rejilla, en forma radial, a modo de soporte del material activo. Las rejillas de las placas positivas se fabrican de plomo con bajo contenido de antimonio, este último elemento aumenta su rigidez y resistencia. Posteriormente se empastan con peróxido de plomo (PbO_2), como materia activa.

Las rejillas de las placas negativas se han estado fabricando en plomo/antimonio.

Actualmente en baterías de bajo mantenimiento «sin mantenimiento» se fabrican en plomo/calcio, minimizando el consumo de agua y la autodescarga.

Como materia activa se emplea plomo esponjoso (Pb) para formar la placa (figura 7.5).

saber más

Tensión de la red a 42 V

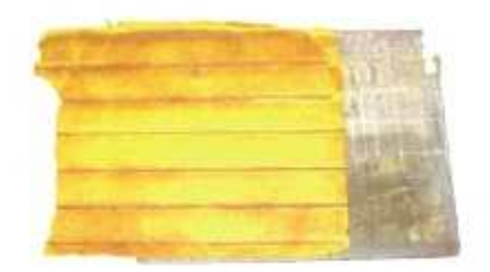
En la práctica se utilizan tensiones de 6, 12 y 24 V para alimentar los circuitos eléctricos de los vehículos.

Sin embargo, para el futuro suministro de energía en redes de a bordo de automóviles se fijó una tensión de 42 V.

Renault y Bosch han trabajado en el proyecto que actualmente se encuentra parado.



↑ **Figura 7.4.** Tapa de la batería.



↑ **Figura 7.5.** Separador y placa positiva.

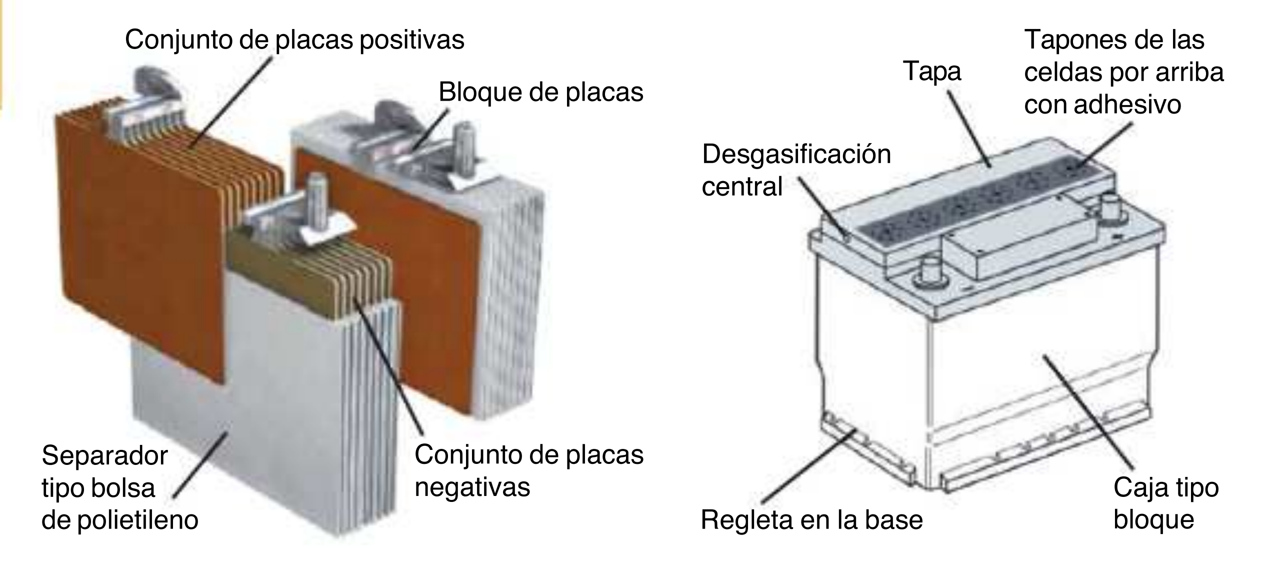


caso práctico inicial

Los separadores evitan cortocircuitos internos de la batería, en el lenguaje del taller cuando existe un corto se dice que la batería se encuentra comunicada.

La batería de nuestro modelo no está cortocircuitada internamente.

4. **Separadores.** Tienen como misión impedir el contacto físico entre placas de distinta polaridad, evitando cortocircuitos. Su forma es ondulada o ranurada para permitir el libre paso del electrólito por toda la superficie de la placa. Se pueden fabricar de diferentes materiales, tales como plástico poroso, caucho microporoso, lana de vidrio impregnada en resina acrílica, etc. (figura 7.6).



→ **Figura 7.6.** Estructura de las placas de un acumulador.

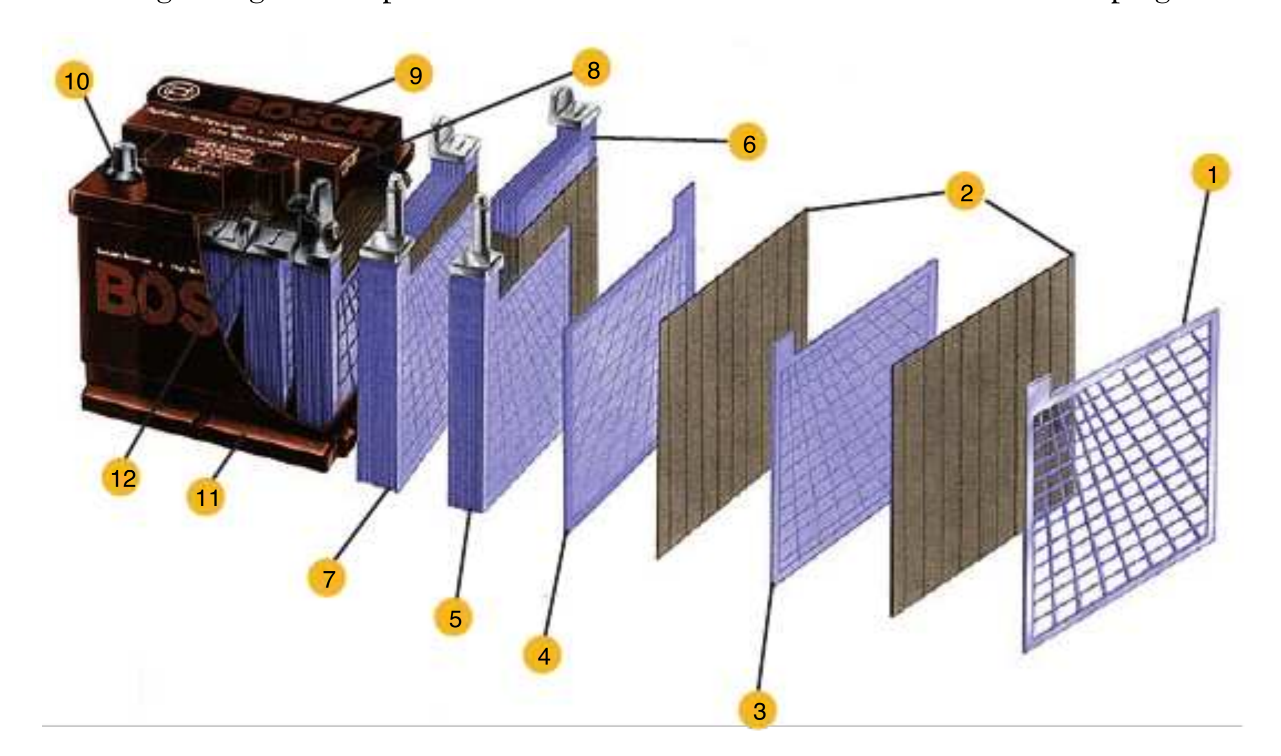
5. **Elementos.** Los elementos están constituidos por un conjunto de placas unidas entre sí por conectores. Tenemos dos tipos de elementos, positivos y negativos, y entre ambos grupos se intercalan los separadores. Los elementos de un vaso se conectan en serie con los elementos del vaso contiguo a través del tabique de separación. Este sistema mejora las características del sistema antiguo, que unía los elementos a través de la tapa exterior.

6. **Electrólito.** Las baterías de plomo-ácido emplean como electrólito una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4, densidad 1,83 g/cm^3) diluido en agua destilada (H_2O, densidad 1 g/cm^3), hasta alcanzar una densidad con la batería totalmente cargada de 1,27 a 1,29 g/cm^3, medido a 25 °C.

El electrólito está compuesto por un 36 % de ácido sulfúrico y un 64 % de agua destilada. Estos valores se refieren cuando está el acumulador totalmente cargado.

Cuando se descarga, la densidad del electrólito baja, ya que una parte del ácido sulfúrico pasa a las placas.

En la figura siguiente aparece una batería con sus todos sus elementos desplegados.



↓ **Figura 7.7.** Componentes de la batería.

1. Rejilla radial con óptima conductividad eléctrica.
2. Separador de baja resistencia eléctrica y alta resistencia mecánica
3. Placa negativa de plomo/calcio y pasta de alto rendimiento.
4. Placa positiva de plomo con muy bajo contenido de antimonio y pasta de alto rendimiento para obtener consumos de agua extremadamente bajo y máxima energía por unidad de peso
5. Grupo de placas negativas
6. Grupo de placas positivas
7. Elemento completo
8. Tapones
9. Tapa tipo DIN de polipropileno de alta resistencia al impacto
10. Borne
11. Monobloque de polipropileno de alta resistencia al impacto
12. Soldadura a través del tabique




1.3. Proceso electroquímico de la batería

Para entender los fenómenos electroquímicos que aparecen en el normal funcionamiento de la batería, suponemos que tiene un solo elemento, con dos placas (una + y otra –). Por supuesto, lo que ocurre en las dos placas ocurre en todo el conjunto de placas y en todos los elementos de la batería.

Partimos de una batería totalmente cargada, a la cual conectamos un circuito externo consumidor de corriente. En un principio, tendremos como materiales activos peróxido de plomo (PbO_2) en la placa positiva y plomo esponjoso (Pb) en la negativa. Las placas se encuentran bañadas por el electrólito que está compuesto por ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido en agua, con una densidad de 1,28 g/cm^3.

caso **práctico** inicial

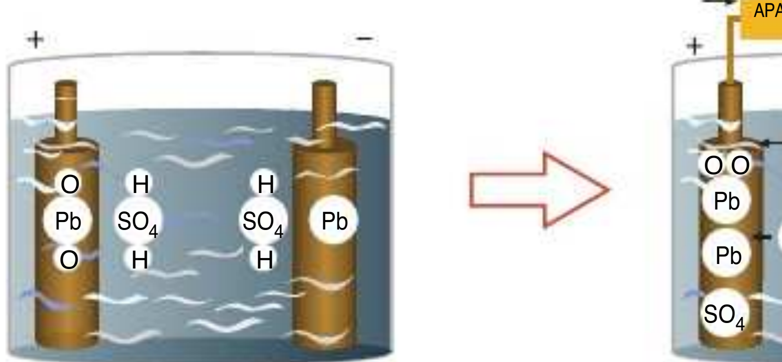
La batería con el vehículo parado y con un consumo mínimo de 25 mA, reloj, alimentación de las memorias de los módulos de gestión, alarma etc, puede mantener su carga durante mucho tiempo. Si por el contrario el consumo es mayor la batería se descarga con rapidez.

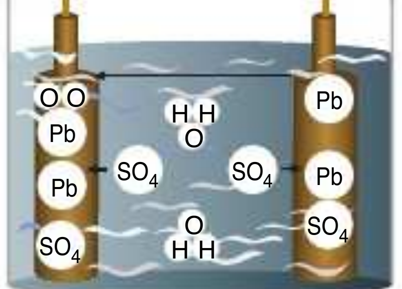
Proceso de descarga

Al conectarle el circuito consumidor, comienza a fluir corriente, haciendo que el ácido sulfúrico del electrólito reaccione con las placas. Se forma sulfato de plomo alrededor de la placa positiva ($PbSO_4$), liberándose oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) por lo que se liberan electrones del circuito exterior, tomando el sentido real de la corriente (figura 7.8). En la placa negativa, el plomo reacciona con el ácido, formando sulfato de plomo, de forma que se libera hidrógeno y se ceden electrones al circuito exterior. El hidrógeno se combina con el oxígeno liberado en la otra placa para formar agua (H_2O).

En consecuencia, el contenido de ácido sulfúrico del electrólito, y por tanto su densidad, disminuye. Es en este punto en el que nos basaremos para comprobar el estado de carga de la batería empleando un densímetro.

Cuando termina de descargarse la batería, la materia activa de las placas está formada casi en su totalidad por sulfato de plomo ($PbSO_4$), y el electrólito baja su densidad hasta 1,10 g/cm^3 (figura 7.8).





← **Figura 7.8.** Proceso de descarga de una batería.

La batería se encuentra en periodo de descarga mientras el motor de combustión se encuentra parado y se necesita energía eléctrica para realizar funciones en el vehículo, las demandas de energía más importantes con motor parado son las siguientes:

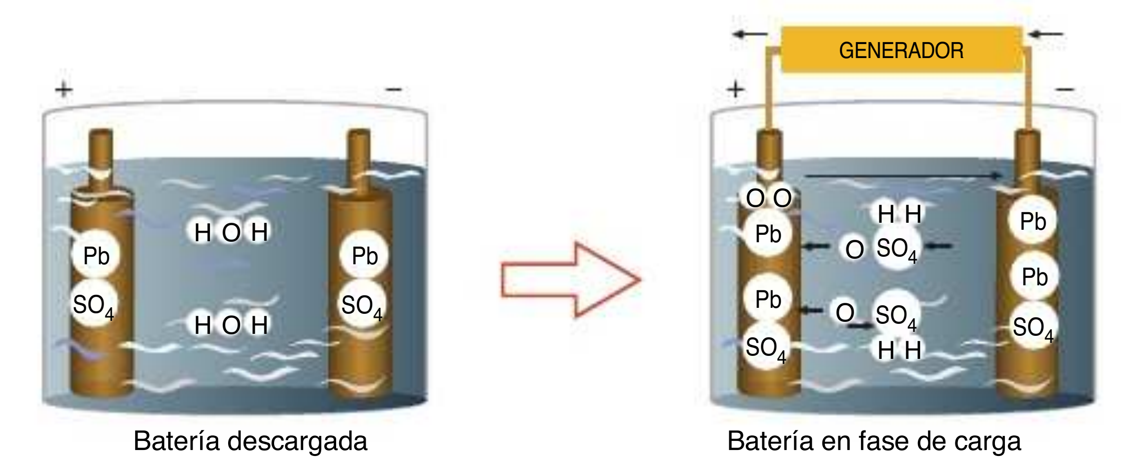
- Puesta en marcha del motor de combustión.
- Alimentación del circuito de calentadores en motores Diesel.
- Alimentación eléctrica de módulos de gestión, alarma, radio y demás componentes que funcionan sin necesidad de dar el contacto.
- Los vehículos con calefacción eléctrica de asientos programables.
- Circuitos eléctricos de alumbrado y emergencias.

La energía consumida con el motor parado se tiene que volver a reponer en la batería por el alternador durante el proceso de carga de la batería, siendo siempre favorable a la carga sobre la descarga.



Proceso de carga

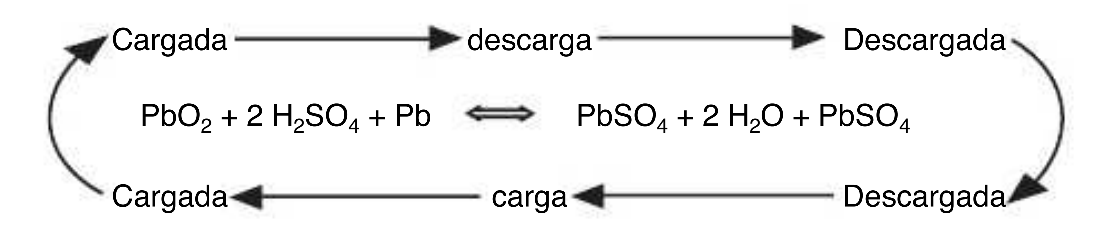
Al colocar un generador de corriente en paralelo con la batería, y establecerse una corriente en sentido contrario, se invierte el proceso anterior y el sulfato de plomo de las placas reacciona cediendo ácido sulfúrico al electrólito, con lo que su densidad aumenta. Nuevamente el material activo se transforma en peróxido de plomo en la placa positiva y en plomo esponjoso en la placa negativa (figura 7.9).



↑ **Figura 7.9.** Proceso de carga de una batería.

Si al finalizar el proceso se sigue aportando corriente, se produce el fenómeno ya estudiado de la electrólisis del agua, desprendiéndose burbujas de oxigeno (O_2) en la placa positiva y de hidrógeno en la negativa (H_2), con la consiguiente pérdida de agua.

El proceso químico entre las placas y el electrólito, en los procesos de descarga y carga anteriormente estudiados, se sintetiza en la ecuación química siguiente:



↑ **Figura 7.10.** Proceso de carga y descarga.

Las reacciones químicas que se producen durante el proceso de carga y descarga indican lo siguiente:

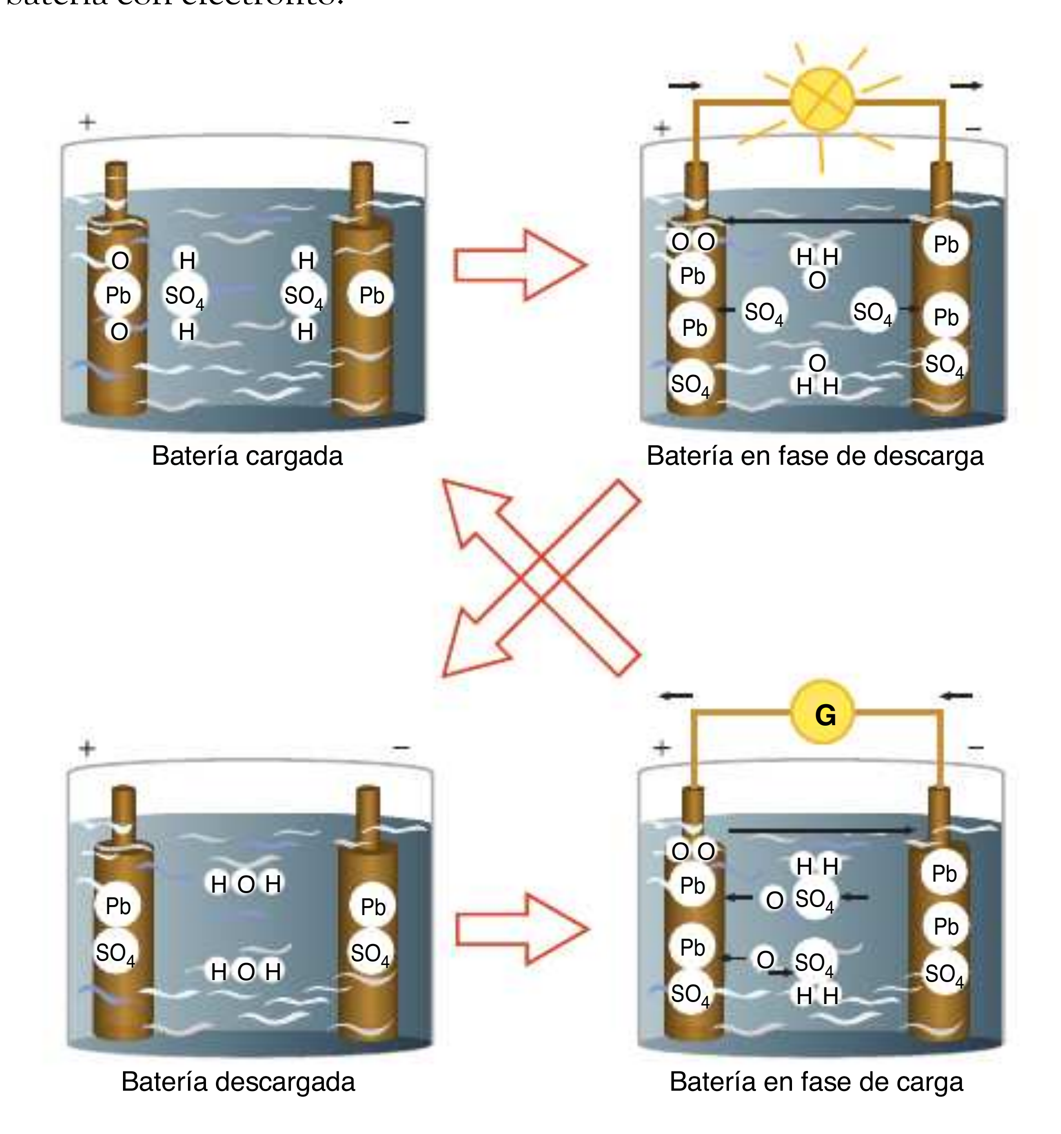
- La densidad del electrólito varía según el estado de carga de la batería. Baja al descargarse y se recupera al cargarse.
- Si se descarga muy a fondo una batería, es posible que se forme sulfato a costa del armazón de las placas, por no haber más sustancia activa para reaccionar con el ácido del electrólito. Se dice entonces que la batería está **sulfatada**.

  Las baterías sulfatadas que tienen menos de dos años se pueden recuperar con procesos de carga y descarga rápidos para intentar que vuelva a reaccionar el electrólito con las placas sulfatadas, para terminar siempre con una carga lenta.
- Con un exceso de carga, el oxígeno liberado en la descomposición del agua, al no tener sustancia activa con que combinarse, ataca el armazón de las placas positivas, oxidándolas, con lo que estas placas se deforman y deshacen. Con la descomposición masiva del agua, aumenta la concentración del ácido sulfúrico, que, unido a la temperatura interna, puede llegar a destruir por completo la batería.
- La resistencia interna del acumulador disminuye con la carga.

caso práctico inicial

El estado de carga de la batería se puede comprobar con el densímetro.

La figura 7.11 resume el proceso electroquímico completo de descarga y carga de una batería con electrolito.



← **Figura 7.11.** Proceso electroquímico de descarga y carga de una batería.

1.4. Características eléctricas de las baterías

Capacidad (C)

Definimos capacidad de una batería, a la cantidad de electricidad que es capaz de suministrar, desde el estado de plena carga, hasta quedar completamente descargada:

$$C = I \cdot t$$

Se mide en A · h (amperios hora), siendo:

I = intensidad de descarga

t = tiempo en quedar totalmente descargada

La capacidad de la batería no es fija; depende principalmente de los siguientes factores:

a) De la cantidad de materia activa que posea. Vendrá determinada por el número de placas por elemento y las dimensiones de estas, así como del material y proceso de fabricación de sus componentes.

b) Del régimen de descarga al que se vea sometida, aumentando su rendimiento cuanto más lenta es la descarga. La capacidad nominal se da para una descarga de 20 horas.

c) De la temperatura, disminuyendo su capacidad con el frío, la temperatura normal de referencia es de 25 °C (a una temperatura de –18 °C, la capacidad de arranque se reduce en un 55 %).



↑ **Figura 7.12.** Placa de características de una batería.



Tensión, fem

La tensión medida entre los bornes de una batería es función de la fuerza electromotriz que es capaz de entregar al circuito exterior en un momento determinado.

Por tanto, tendremos:

- **Tensión nominal.** Es la indicada por el fabricante en la placa de características.

  Depende del número de vasos de la batería: normalmente son de 6 V si tiene 3 vasos (figura 7.13) y 12 V las baterías de 6 vasos (figura 7.14).



↑ **Figura 7.13.** Batería de 6 V de una motocicleta.



↑ **Figura 7.14.** Batería de 12 V montada en el maletero.

- **Tensión en vacío.** Es la tensión en los bornes, medida con un voltímetro, sin conectarla al circuito exterior. Si está completamente cargada, cada elemento tiene una tensión aproximada de 2,2 V. Para una batería de 6 vasos, tendríamos 13,2 V.
- **Tensión eficaz.** Es la tensión medida en los bornes, una vez conectada al circuito exterior y sometida a descarga. Esta tensión dependerá del régimen de descarga a la que se vea sometida la batería en un momento determinado y a la variación de resistencia interna del acumulador, que al ser muy pequeña la podemos considerar como constante. Su valor vendrá determinado por:

$$E = E_v - I \cdot r_i$$

Siendo:

E = tensión eficaz

E_v = tensión en vacío

I = intensidad de la corriente en régimen de descarga

r_i = resistencia interna del acumulador

saber más

La norma DIN EN 60 096 impone, en una descarga con I_{CC} realizada a –18 °C, que la tensión en los bornes de la batería no descienda por debajo de 7,5 V (1,25 V / elemento), 10 segundos después del comienzo de la descarga.

Intensidad norma EN (Corriente de descarga rápida en frío)

Se puede definir como la cantidad de corriente que puede entregar una batería, sometida a una gran descarga constante (necesaria en el momento del arranque), durante un tiempo determinado y a baja temperatura (–18 °C). Esta corriente se mide por su intensidad, I_{rf}, en amperios (A), tal que tras una descarga constante durante 150 segundos, nos dé una tensión como mínimo de 1,25V por elemento.

Rendimiento (η)

Se define, como la relación entre los amperios-hora, suministrados por la batería a un circuito exterior hasta quedar totalmente descargada, y los amperios-hora consumidos para cargarla totalmente. Este rendimiento se encuentra alrededor del 85%, pero depende del régimen de descarga al que se someta la batería.

EJEMPLOS

■ Calcular la capacidad de una batería que suministra una corriente de 18 amperios, durante las 5 horas que dura el proceso de descarga.

Solución:

$$C = I \cdot T = 18 \text{ A} \cdot 5 \text{ h} = 90 \text{ Ah}$$

■ Calcular la resistencia interna, a plena carga, de una batería de acumuladores formada por 6 elementos con 4 placas positivas cada uno de ellos, que tienen una superficie de 145 × 160 mm, separadas por un aislante de 1,9 mm de espesor y sumergidas en un electrólito cuya densidad a plena carga es de 1,28.

Solución:

1º Partiendo de la tabla de conductibilidad en función de la densidad siguiente:

Concentración de electrólito (%)	Densidad (δ)	Conductibilidad (ξ)
10	1,08	0,390
20	1,166	0,568
23	1,190	0,590
26,5	1,22	0,615
30	1,249	0,635
33,7	1,28	0,65
40	1,332	0,676
50	1,415	-

Según la tabla anterior, la conductibilidad (ξ) para una densidad de 1,28 es de 0,65.

De esta forma podemos calcular la resistencia eléctrica del electrólito en ohmios según la densidad del mismo:

$$R_e = \frac{1}{\xi} = \frac{1}{0,65} = 1,538\ \Omega$$

Conociendo la resistencia interna del electrólito podemos calcular la resistencia interna total:

$$R_{it} = \text{N} \cdot R_i = \frac{N \cdot R_e}{S_p \cdot d \cdot 2 \cdot N_p} \text{ en } \Omega$$

R_i: resistencia interna de un elemento
N: número de elementos
R_e: resistencia del electrólito
S_p: superficie de una de las caras de placa en cm^2
d: separación entre placas en cm
N_p: número de placas positivas de cada elemento.

$$R_{it} = N \cdot R_i = \frac{N \cdot R_e}{S_p \cdot d \cdot 2 \cdot N_p} = \frac{6 \cdot 1,538}{14,5 \cdot 16 \cdot 0,19 \cdot 2 \cdot 4} = 0,0269\ \Omega$$



2. Procesos de trabajo con baterías

El ácido de la batería es muy corrosivo y peligroso para la piel y los ojos, los trabajos con batería se deben realizar empleando los equipos de protección personales (EPI), guantes y gafas de protección principalmente (figura 7.15).

El ácido también es muy peligroso para las piezas del vehículo, pintura y piezas de la carrocería.

La batería vieja se debe almacenar en un contenedor hermético y debidamente señalizado el residuo (figura 7.16) hasta la recogida por un gestor autorizado de tratamiento de residuos, el plomo es un material muy peligroso y se debe tratar adecuadamente en los centros de tratamiento homologados.





↑ **Figura 7.15.** EPI para trabajos con baterías.



↑ **Figura 7.16.** Baterías viejas en contenedor.

2.1. Sustitución de baterías

Al sustituir una batería agotada de un vehículo por otra, lo primero que hay que tener en cuenta es la capacidad de la batería de origen, de modo que la nueva sea de igual o mayor capacidad que la sustituida. En el proceso de cambio se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tener en cuenta que al desconectar la batería se pueden borrar los códigos de la radio.
- Desconectar en primer lugar el borne negativo (–).
- Una vez quitada la batería, revisar el estado de corrosión de la bandeja y piezas de sujeción. Las partes atacadas por el ácido pueden lavarse con bicarbonato o amoníaco disuelto en agua. Una vez secas las partes de acero dañadas se pueden tratar con pintura anticorrosiva.
- Revisar los cables y bornes de conexión. En caso necesario, sustituir los bornes sulfatados.
- Colocar bien la nueva batería, o la antigua totalmente cargada, en su alojamiento y apretar las placas de fijación de la batería con la carrocería.
- Verificar la polaridad de los cables y de la batería. Si se invierte la polaridad, se destruyen los diodos del alternador.
- Conectar los cables a los bornes de la batería, teniendo en cuenta que el cable de masa (–) será el último en conectarse, se puede aplicar algún tratamiento de los bornes con protectores especiales para conexiones que evitan la sulfatación.

recuerda

Las baterías cargadas en seco

Algunas baterías se almacenan cargadas en seco, y se rellenan de electrólito cuando se ponen en servicio.

Durante el proceso de carga del electrólito, se deben emplear guantes y gafas protectoras.

saber más

Wurt comercializa un protector de polos de batería en Spray. Se aplica sobre los bornes y protege la conexión de los ácidos prolongando la vida de la batería.

seguridad

Hay que esperar obligatoriamente 3 minutos después del corte del contacto (puesta en vigilia de las redes multiplexadas y calculador).

En caso de desconexión de un calculador con la batería conectada, las consignas son idénticas a las de la desconexión de la batería.

En una intervención en un sistema pirotécnico hay que esperar 2 minutos después de la desconexión de la batería.



2.2. Comprobación de baterías

Podemos considerar que una batería funciona correctamente cuando, estando cargada, sea capaz de suministrar la energía suficiente para alimentar un motor de arranque que, a su vez, ponga en funcionamiento el motor térmico del vehículo. De no ser así, su funcionamiento es incorrecto.

Proceso de comprobación

Inspección visual

- Cerciorarse de que las características de la batería son las correctas para su aplicación.
- Comprobar que el monobloque y la tapa no presentan grietas o roturas.
- Verificar que el anclaje y la sujeción de la batería al vehículo es correcto.
- Asegurarse de que los bornes de la batería y los terminales están en buen estado, sin sulfatar, suficientemente apretados y no existen cortocircuitos exteriores. La conexión entre el borne y el terminal se puede comprobar con un óhmetro, cuando el borne está bien apretado la resistencia es mínima (figura 7.17).
- Verificar que el nivel del electrólito cubre un centímetro sobre las placas, en todos los vasos.
- Comprobar el estado y tensión de la correa del generador, asegurarse que el tensor funciona correctamente y mantiene la tensión en una carga normal.



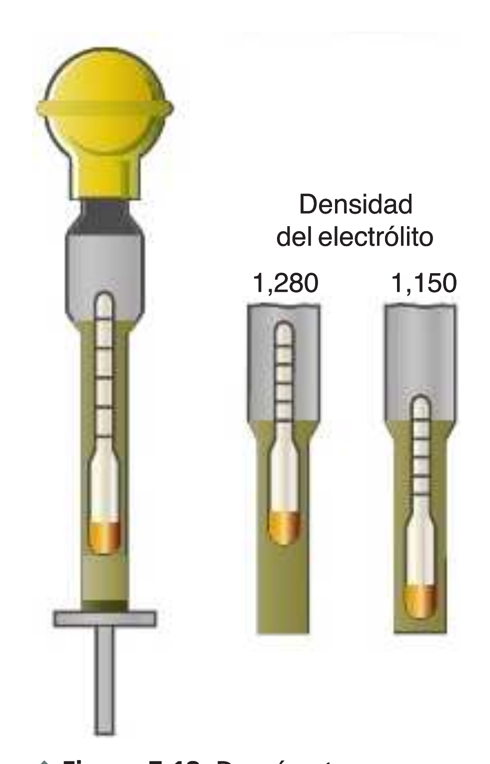
↑ **Figura 7.17.** Medida de la resistencia entre el borne y el terminal.

Comprobación con densímetro (hidrómetro)

En el apartado del proceso electroquímico de la batería, vimos cómo el ácido sulfúrico del electrólito reacciona con las placas en el proceso de descarga, y hace disminuir la densidad del electrólito conforme se realiza el proceso. Por tanto, midiendo la densidad del electrólito se obtiene una medida fiable del estado de carga de la batería.

Un densímetro consta de un tubo exterior de vidrio o plástico transparente resistente al ácido, cerrado en su parte superior por una pera de goma que tiene la finalidad de realizar el vacío necesario para absorber el electrólito.

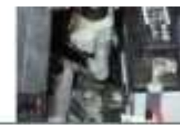
En su parte inferior se sitúa una boquilla o pipeta dispuesta para su introducción en los vasos de la batería a través de los orificios dispuestos para tal fin. Dentro del tubo se encuentra un flotador con una escala graduada (figura 7.18).



↑ **Figura 7.18.** Densímetro.

Para una correcta medida tendremos en cuenta los siguientes puntos:

- Succionar varias veces el electrólito con el densímetro, antes de efectuar la medida.
- Aspirar una cantidad de electrólito suficiente como para leer directamente sobre la escala del indicador manteniendo el líquido al nivel que se pueda apreciar bien la medida.
- El densímetro se mantendrá vertical durante la lectura. El flotador no debe tocar el tubo.
- El nivel superior del electrólito sobre la escala marca la lectura.
- La lectura se realizará con la batería en reposo, con el nivel adecuado de electrólito (los valores no serán correctos si medimos al instante de haber añadido agua) y a la temperatura de 25 °C, pues a distinta temperatura tendremos que hacer una corrección de la densidad y el estado de carga.



saber más

Densímetros con termómetro

Hay densímetros que llevan incorporado un termómetro con una doble escala que indica directamente la cantidad que hay que añadir o restar de la densidad que se obtuvo en la lectura.

- El estado de carga lo podemos determinar por la tabla densidad-carga mostrada a continuación:

TABLA DENSIDAD CARGA	
Densidades a 25 °C	**Carga**
1,270 - 1,290	100 %
1,230 - 1,250	75 %
1,200 - 1220	50 %
1,170 - 1,190	25 %
1,140 - 1,160	Muy poca capacidad útil
1,110 - 1,130	Descargada

- Dado que la temperatura afecta a la densidad del electrólito, cuando las medidas de densidad se efectúen con el electrólito a temperatura diferente de los 25 °C, tendremos que realizar una corrección añadiendo 0,0035 unidades a la densidad medida, por cada 5 °C por encima de los 25 °C. Si la temperatura es inferior, se restarán en la misma proporción. Por ejemplo, si efectuamos una medida con el electrólito a 5 °C y no tenemos en cuenta la corrección de temperatura, un valor de 1,270 no haría pensar que la batería está cargada al 100%. Sin embargo, si aplicamos la corrección de temperatura vemos que la densidad corregida a 25 °C es de 1,256, a la cual le corresponde una carga del 80%.
- Medir la densidad vaso por vaso. Si se encuentra una diferencia de densidad entre vasos igual o superior a 0,030 g/cm^3, se considera que la batería está en mal estado.
- Si la medida media del electrólito es igual o inferior a 1,210, procederemos a realizar una carga completa de la batería. Una vez efectuada la carga, si la densidad no sobrepasa 1,210, hay que considerar la batería defectuosa. (Las medidas de densidad se realizarán con la batería en reposo, es decir, desconectada del cargador y transcurrido el tiempo suficiente para que se enfríe).



Comprobación con polímetro (voltímetro)

Sabemos, de la unidad anterior, que las medidas de tensión solo indican el estado de carga, no el estado de la batería.



↑ **Figura 7.19.** Medida de la tensión de la batería con el polímetro.

- Por medio de un polímetro (seleccionando el modo voltaje), podemos determinar el estado de carga de la batería (figura 7.19). Las medidas las tomaremos con la batería en vacío. Los valores de carga de la batería vienen determinados por la tensión en vacío medida entre bornes. Los datos están recogidos en la siguiente tabla:

TABLA TENSIÓN CARGA	
Tensión de la batería	**Estado de la carga**
Mayor o igual a 12,60	100 %
De 12,50 a 12,45	80 %
De 12,35 a 12,25	50 %
De 12,45 a 12,00	25 %

Durante la carga podemos comprobar el estado de la batería del siguiente modo:

a) Conectar la batería a un cargador y seleccionar la intensidad recomendada por el fabricante. Sin desconectar el cargador de la batería, medir la tensión en los bornes. Transcurridos tres minutos desde el inicio de carga, si la tensión es igual o superior a 15,5 V, la batería está en mal estado.

b) Si al conectar la batería al cargador a la intensidad adecuada (10% de la capacidad en Ah) el amperímetro no indica carga, es síntoma de que la batería está en mal estado por falta de continuidad interna.

- Una vez concluida la carga de la batería y en estado de reposo (se considera reposo cuando ha estado cuatro o más horas desconectada del cargador), se debe medir la tensión en los bornes y, si es inferior a 12,7 V, la batería es defectuosa.

recuerda

Durante el proceso de carga y descarga de las baterías lo que se evapora es el agua, el ácido sulfúrico, permanece constante, y no se debe añadir ácido al electrólito, esto dañaría de forma irreversible las placas.

Cuando se comprueba que baja el nivel de electrólito añadir agua destilada.

Comprobación con descargador rápido

- Esta comprobación se realiza por medio de un equipo de descarga rápida o comprobador de baterías (figura 7.20), que consiste en un descargador capaz de realizar una descarga entre 50 y 1.000 A, a la vez que se mide en paralelo la caída de tensión producida durante la descarga. La comprobación se realiza colocando las pinzas del comprobador en los bornes de la batería (figura 7.21) durante unos seis segundos mientras se mide la tensión de caída, que debe permanecer constante durante este tiempo, con un valor de unos 9 V. **Este equipo es el más apropiado para diagnosticar el estado de la batería**, ya que, si esta no responde correctamente a la descarga rápida, es síntoma de que está defectuosa.



↑ **Figura 7.20.** Equipo de descarga rápida.



↑ **Figura 7.21.** Comprobador descargador rápido.

EJEMPLO

Una batería de 12 V con una capacidad de 80 Ah y un rendimiento del 80% suministra corriente a un circuito exterior formado por dos lámparas de alumbrado, cuyo potencial es de 45 vatios cada una y al circuito de encendido que tiene una resistencia total de 4 ohmios. Calcular la corriente que suministra la batería y el tiempo que duraría en servicio.

Solución:

$$P = U \cdot I_1;\ I_1 = \frac{P}{U} = \frac{45\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 3{,}75\ \text{A}$$

$$P = U \cdot I_2;\ I_2 = \frac{P}{U} = \frac{45\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 3{,}75\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{U}{R} = \frac{12\ \text{W}}{4\ \Omega} = 3\ \text{A}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 3{,}75\ \text{A} + 3{,}75\ \text{A} + 3\ \text{A} = 10{,}5\ \text{A}$$

Tiempo que durará en servicio:

$$80 \cdot 0{,}8 = 64\ \text{Ah.}$$

$$C = I \cdot t; \qquad t = \frac{C}{I} = \frac{64\ \text{Ah}}{10{,}5\ \text{A}} = 6{,}1\ \text{horas}$$

2.3. Precauciones a tener en cuenta en la carga de baterías

Antes de iniciarse la carga deben de observarse las siguientes precauciones:

- La sala de carga debe ser fresca y existir una ventilación suficiente.
- Limpiar los bornes y terminales, teniendo cuidado de no introducir residuos en el interior de los vasos.
- Comprobar el nivel del electrólito y rellenarlo en caso necesario con agua destilada o desmineralizada hasta el nivel correcto (de 10 a 15 mm por encima de las placas).
- Cuando se carguen varias baterías a la vez, se conectarán en serie, teniendo en cuenta que la tensión total será la suma de todas las baterías.
- Cuando se carguen varias baterías en serie de distinta capacidad se seleccionará la intensidad de carga respecto a la de menor capacidad.
- Sin alimentar el cargador, conectar los bornes (+) y (–) a las pinzas correspondientes, teniendo cuidado de no invertir las conexiones.
- No acercar ninguna llama a los orificios de llenado y ventilación de la batería, pues hay riesgo de explosión debido al gas hidrógeno.
- Durante el proceso de carga, las baterías deben de permanecer con los tapones quitados y la temperatura del electrólito no debe pasar de 50 °C, tomada en un vaso central. Se debe interrumpir la carga si la temperatura sobrepasa el límite indicado. Un exceso de temperatura es síntoma de final de carga o de batería defectuosa.
- Evitar que las emanaciones de ácido lleguen al cargador, ya que pueden deteriorarlo.
- La batería se considera completamente cargada cuando, con la intensidad de corriente prescrita, los valores de tensión entre los bornes y la densidad del electrólito no varían de forma apreciable durante dos horas consecutivas.
- Al terminar la carga se debe cortar la alimentación del cargador y posteriormente desconectar las pinzas de la batería, para evitar picos de tensión y/o intensidad que pueda deteriorar el cargador y, lo que es más importante, chispas que produzcan explosiones.

recuerda

En los trabajos de carga de baterías, se deben emplear los equipos de protección personales: EPI, guantes y gafas protectoras principalmente.

saber más

Capacidad

La capacidad de las baterías:

- No depende del número de vasos.
- Depende de la cantidad de materia activa por elemento.

2.4. Sistemas de carga

Los sistemas de carga los podemos clasificar en:

- Sistema rápido
- Sistemas lentos
  - – Intensidad decreciente
  - – Intensidad a dos regímenes
  - – Intensidad constante

El sistema rápido precisa de un cargador adecuado. No resulta un sistema recomendable en general dado que necesita de una vigilancia mayor que los otros sistemas.

Solo está recomendado si la batería está totalmente descargada y en perfecto estado de funcionamiento.

De los tres sistemas de carga lentos, el de a intensidad constante es el más adecuado para cualquier tipo de batería, sobre todo si se desconoce el estado de la misma. La intensidad máxima de carga debe de ser del 10 % de la capacidad nominal. Por ejemplo, para una batería de capacidad nominal C = 40 Ah, tendremos que seleccionar una intensidad de 4 A como máximo.

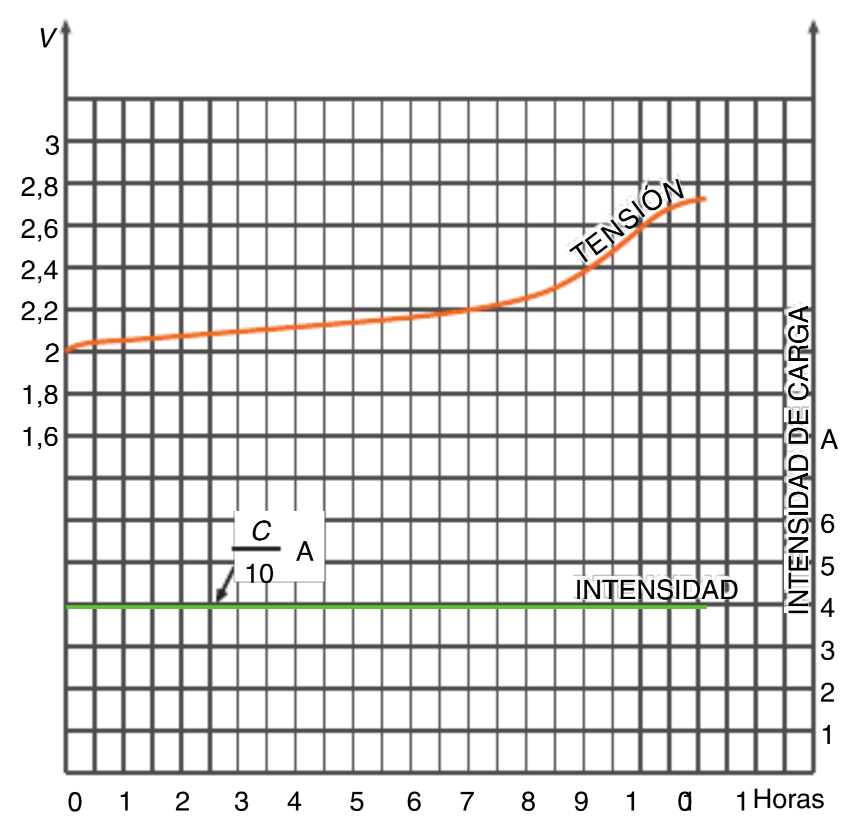
Las gráficas de la figura 7.22 representan la variación de la tensión e intensidad en un elemento de batería cargándose a intensidad constante.

Si observamos la gráfica, vemos que en el inicio de carga se advierte una subida de tensión debida a la liberación del ácido de las placas; posteriormente aumenta la tensión lentamente hasta casi el final de carga, donde se produce un aumento rápido de tensión. La tensión final para una batería de 12 V, conectada al cargador, perfectamente cargada y en buen estado, debe ser igual o superior a 15,6 V.

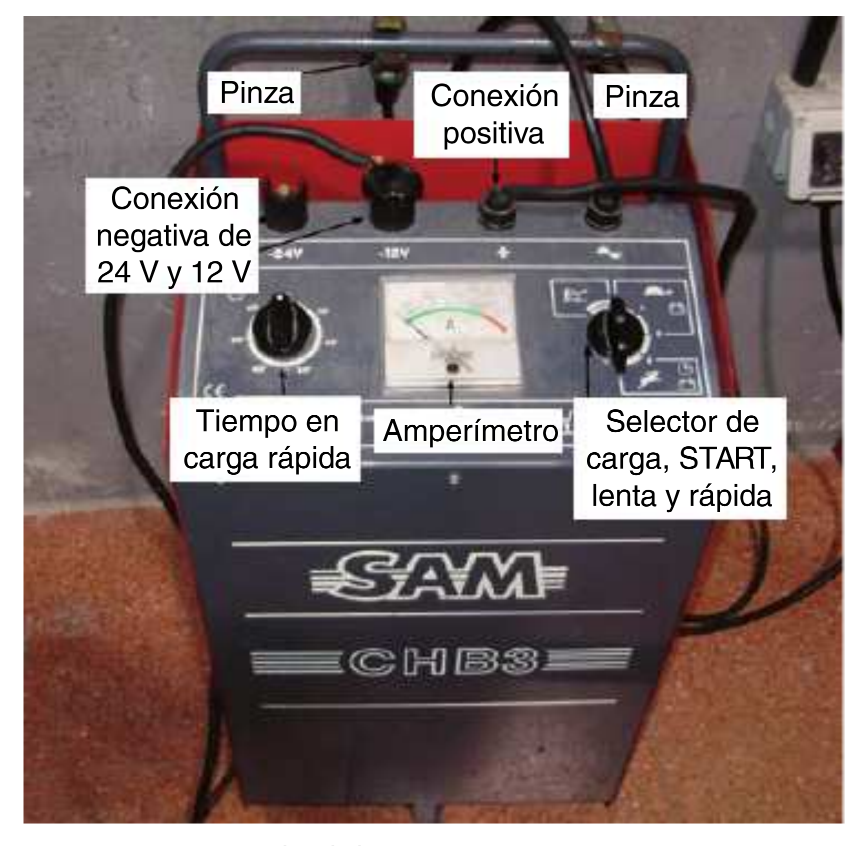
El cargador de baterías es un transformador de tensión alterna de la red a corriente continua de 6, 12 o 24 V. El cargador dispone por tanto de un transformador que se conecta a 230 V y un puente rectificador con diodos y un reóstato que regula la intensidad de la carga. El panel de mandos de un cargador (figura 7.23) dispone de los siguientes componentes :

- Selector de tipo de carga, lenta o rápida y función arranque *(Start)*.
- Amperímetro de la intensidad de carga.
- Reloj del tiempo en carga rápida.
- Conexiones a 12 o 24 V y pinzas.

En carga rápida es necesario seleccionar el tiempo de carga, si no se selecciona un tiempo de carga, el cargador no funciona, es una medida de seguridad para evitar que se quede la batería cargando en carga rápida durante un tiempo excesivo y la batería se destruya.



↑ **Figura 7.22.** Representación de los componentes de la intensidad de vacío.



↑ **Figura 7.23.** Cargador de baterías.



3. Mantenimiento de los acumuladores

3.1. Mantenimiento de baterías en servicio

Para un buen mantenimiento en servicio de las baterías tenemos que observar las siguientes recomendaciones:

- Mantener la tapa completamente limpia, cuidando de no introducir en los vasos residuos o suciedad. Limpiar con un trapo empapado en agua con bicarbonato y posteriormente lavar con un trapo húmedo.
- Comprobar el estado de los cables y bornes terminales. Si están en mal estado, sulfatados (figura 7.24) se deben cambiar.
- Los terminales deben mantenerse fuertemente sujetos a los bornes de la batería y cubiertos con una ligera capa de vaselina.
- El alojamiento y las piezas de sujeción de la batería en el vehículo no deben mostrar síntomas de corrosión.
- La batería debe ir sujeta en su alojamiento, para evitar el riesgo de vibraciones que puedan provocar el desprendimiento de materia activa y deformaciones en las placas, cortocircuitos internos o agrietamientos del bloque.



↑ **Figura 7.24.** Borne sulfatado.

3.2. Indicadores de anomalías en baterías

En las baterías existen factores fácilmente apreciables que son síntomas inconfundibles de anomalías, como son:

- **Consumo excesivo de agua**. En condiciones normales basta añadir agua a la batería cada 2.000 km aproximadamente. Se considera normal añadir para este kilometraje de 20 a 30 cm^3. Si el consumo es excesivo en todos los vasos, es síntoma de sobrecargas por mal funcionamiento del regulador.
- Si el consumo excesivo de agua se produce en un solo vaso, probablemente el elemento afectado esté en mal estado o bien el monobloque tenga alguna fisura.

saber más

Síntoma

El consumo excesivo de agua en un solo vaso indica mal estado de la batería.

3.3. Causas que limitan la vida de las baterías

Sobrecarga

Estando la batería cargada, si continúa recibiendo carga, este exceso de intensidad descompone el agua y hace que disminuya el nivel del electrólito. La sobrecarga de la batería origina:

- Fuerte corrosión de las rejillas positivas, con el consiguiente debilitamiento mecánico que dificulta la conducción eléctrica.
- Concentración del electrólito que deteriora los componentes de los elementos, sobre todo a elevadas temperaturas.
- Deformaciones en las rejillas positivas, acentuándose el problema si la batería permaneció descargada durante un tiempo prolongado.
- Corrosión en el alojamiento de la batería, en los cables, etc.

Carga insuficiente

La batería sometida durante largo tiempo a una carga insuficiente para su mantenimiento no solamente es incapaz de suministrar su potencia completa cuando es requerida, si no que puede formar en sus placas un tipo de sulfato duro, denso y cristalino que no podrá volver a transformarse por acción electroquímica en materia activa normal.

Este tipo de sulfato se produce especialmente cuando la batería es sometida a una descarga prolongada a motor parado, como pueden ser las luces, radio, etc. También cuando el sistema regulador del generador se encuentra en mal estado y las descargas repentinas y prolongadas son excesivas en un largo viaje.

Falta de agua

Durante el proceso de carga de la batería se pierde, en forma de hidrógeno y oxígeno, agua que hay que reponer consiguiendo que el nivel del electrólito no esté por debajo del mínimo admisible. De no ser así, el electrólito alcanzará una alta concentración que puede perjudicar a los separadores. Por otra parte, si las placas dejan de estar cubiertas por el electrólito se sulfatarán irreversiblemente y no se podrá por tanto devolver la energía que disponía inicialmente. El ácido sulfúrico no se añade nunca a la batería a no ser que se haya derramado el electrólito.

3.4. Mantenimiento de baterías fuera de servicio

Las baterías almacenadas y fuera de servicio, debido al fenómeno denominado autodescarga, deben reunir unas condiciones especiales de conservación. La autodescarga está determinada en función de la capacidad de la batería y está comprendida entre un 0,3 y un 1,5% cada día, a una temperatura comprendida entre 20 y 30 °C. Por tanto, una batería se autodescarga por completo en un período de uno a tres meses si no se recarga. En el almacenamiento de baterías debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Almacenarlas en un lugar seco y ventilado, protegidas de los rayos solares y a una temperatura uniforme que no exceda de los 30 °C.
- Antes de almacenar las baterías, asegurarse que el nivel del electrólito es el adecuado.
- Medir periódicamente la tensión de la batería evitando que no descienda de 12,4 V. Si la tensión está comprendida entre 12,4 y 12,55 V, se procede a medir la densidad del electrólito. Si el valor medido es inferior a 12,15 se procede a recargar la batería con carga lenta hasta que la densidad alcance un valor entre 1,27 y 1,29.

caso práctico inicial

En muchos vehículos que no disponen de mucha electrónica, cuando tienen drenajes de corriente que no se localizan, el problema de la descarga de la batería se soluciona montando un desconectador manual de baterías.

3.5. Dispositivos de seguridad montados en el vehículo

La desconexión de la corriente de la batería se puede realizar empleando los siguientes dispositivos:

- Desconectadores manuales.
- Desconectadores automáticos.









↑ **Figura 7.25.** a) Desconectador de 12 V. b) Desconectador de 24 V en camión. c) Cortacorriente de carreras.

recuerda

Los desconectadores automáticos se emplean como dispositivo de seguridad en accidentes, y funcionan vinculados con el sistema de *airbag*.

El desconectador manual se monta en vehículos clásicos (figura 7.25): tractores, vehículos industriales y coches de carreras. El desconectador evita las descargas de la batería durante el tiempo que el vehículo se encuentra parado y como medida de seguridad en los vehículos de carreras (figura 7.25C).

El desconectador manual se coloca en el borne negativo de la batería, es un dispositivo para cortar la conexión entre el cable negativo de la batería y la masa del vehículo.

En los camiones se montan desconectadores manuales de 24 V (figura 7.25 B), el único circuito que permanece alimentado directamente de batería es el tacógrafo.

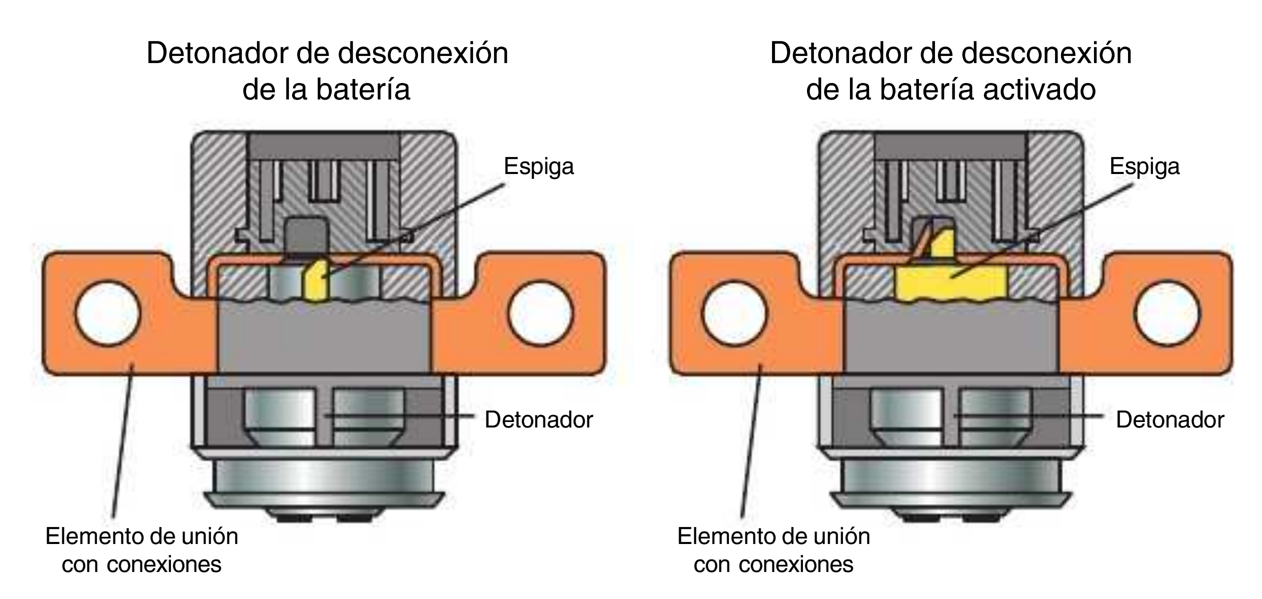
El desconectador automático puede ser de dos tipos:

- Desconectador con detonador.
- Desconectador automático (gestión de carga y descarga).

3.6. Desconectador con detonador

Se monta en vehículos de alta gama que disponen de *airbag*. La función de este dispositivo consiste en desconectar el motor de arranque y el alternador de la batería del vehículo en caso de accidente.

La activación la realiza la unidad de control del sistema *airbag*. En cada activación del *airbag* o del tensor de cinturón se produce la activación simultánea del detonador de desconexión de la batería. Cuando la carga pirotécnica se activa, la presión del gas desplaza una espiga dispuesta en un émbolo e interrumpe la unión entre las dos conexiones (figura 7.26).



↑ **Figura 7.26.** Desconectador automático con detonador (Audi).

El detonador de desconexión de la batería debe sustituirse tras su activación.

La supervisión de diagnóstico la realiza la unidad de control del sistema *airbag* J234.

El fabricante BMW coloca el desconectador pirotécnico de desconexión de baterías en el cable junto al borne positivo (figura 7.27). El cable negro de la figura es la señal de activación del *airbag*.



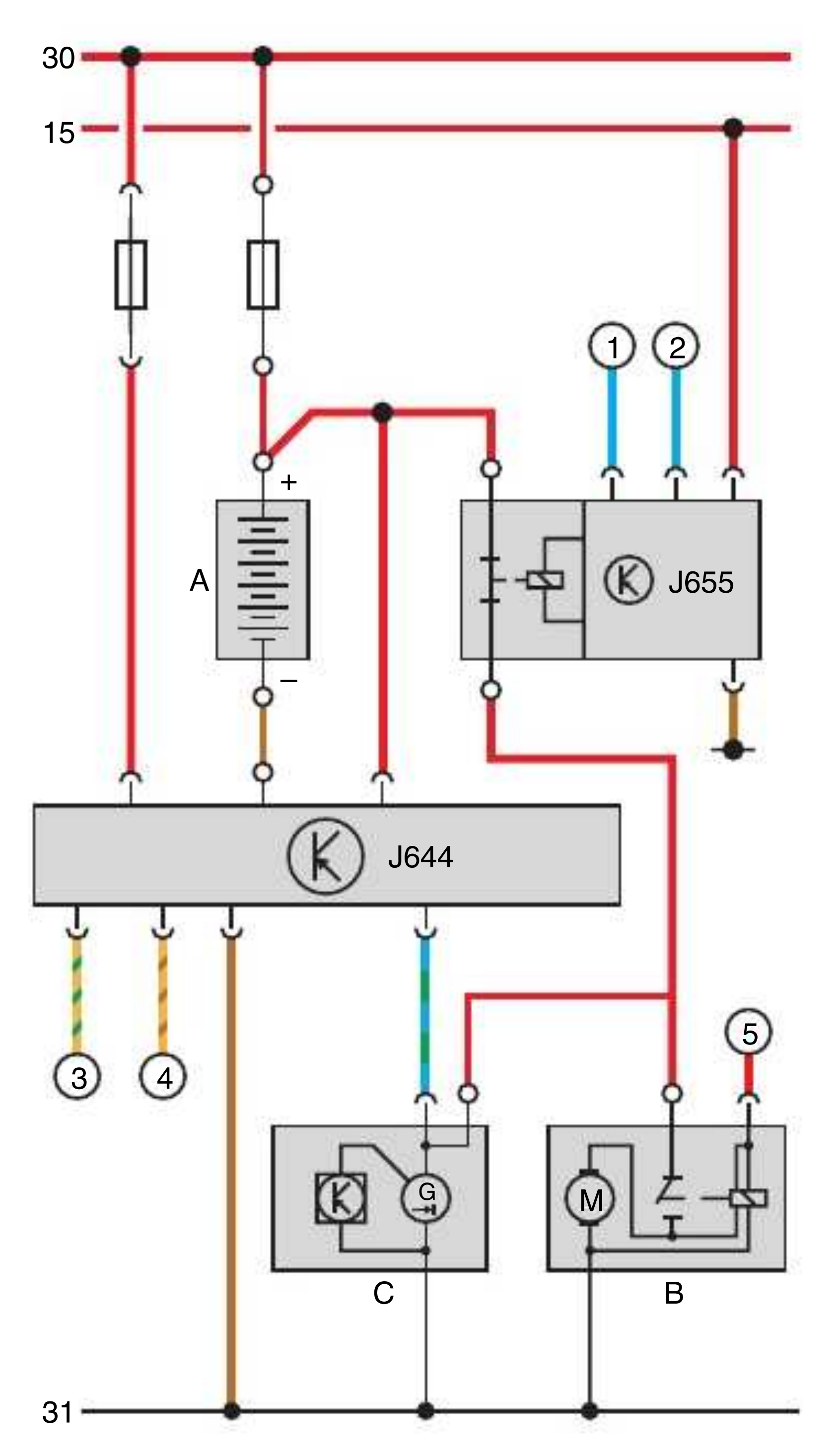
↑ **Figura 7.27.** Detonador pirotécnico de batería serie 5 BMW.

3.7. Gestión electrónica de la carga y descarga de la batería

La gran cantidad de componentes y de sistemas de control electrónico en el vehículo aumentan las necesidades de energía eléctrica que la batería debe proporcionar. El uso excesivo de la energía eléctrica puede conducir en todos los estados operativos del vehículo a una intensa reducción en la disponibilidad de la energía eléctrica (batería agotada), para solucionar este problema los vehículos modernos disponen de un circuito específico con una unidad electrónica encargada de gestionar la carga y descarga de la batería (figura 7.28).

caso práctico inicial

Si el Córdoba dispusiese de gestión electrónica de carga y descarga, el módulo de control evitaría la descarga de la batería.



Leyenda

A	Batería
B	Motor de arranque
C	Alternador trifásico
J644	Unidad de control para gestión energética
J655	Relé para desactivación de batería

Señales suplementarias

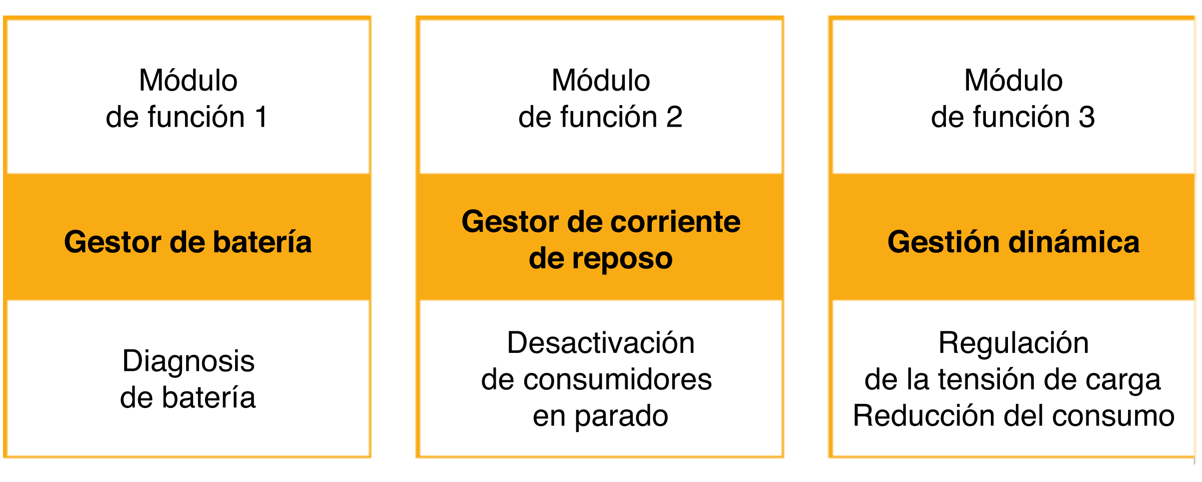
1	Unidad de control para *airbag* J234
2	Unidad de control para *airbag* J234
3	CAN *confort high*
4	CAN *confort low*
5	Borne 50 (del relé 2 para motor de arranque J695)

↑ **Figura 7.28.** Esquema de conexión del circuito de gestión de carga y descarga (Audi).



La unidad de control para gestión energética J644 se encarga de efectuar una vigilancia continua de la batería. Comprueba el estado de carga de la batería y su capacidad de arranque. La unidad de control regula la tensión de carga óptima del alternador con el motor en funcionamiento. Puede llevar a cabo una eliminación de cargas (reducción del número de consumidores en funcionamiento) y puede elevar el régimen de ralentí. Para reducir el consumo de corriente en reposo al estar el motor parado, la unidad de control para gestión energética puede desactivar consumidores, en un caso extremo, a través del CAN-Bus. De esa forma se impide una descarga intensa de la batería.

Las funciones de la unidad de control para gestión energética J644 están divididas en tres módulos de funciones. Estos módulos de funciones se encuentran activados en diferentes estados operativos del vehículo (figura 7.29).

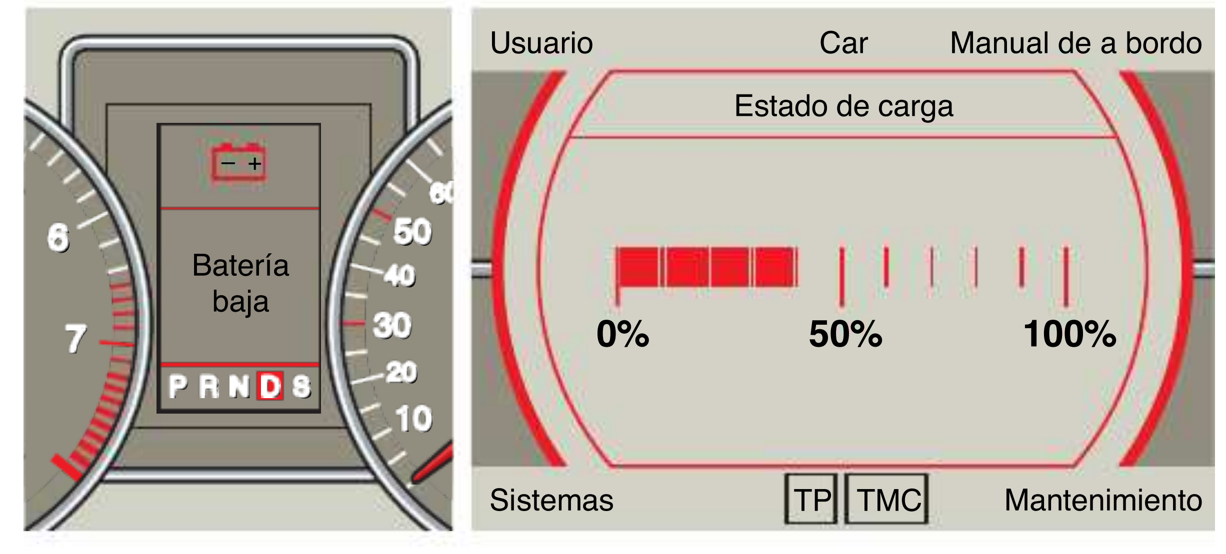


↑ **Figura 7.29.** Funciones de la unidad de gestión energética.

Para llevar a cabo la diagnosis de la batería, el gestor en la unidad de control para gestión energética tiene que determinar los siguientes datos:

- Temperatura de la batería.
- Tensión de la batería.
- Corriente de la batería.
- Tiempos en funcionamiento.

El estado de carga de la batería se puede consultar a través de la función CAR en el cuadro de mandos (MMI) (figura 7.30). La indicación se realiza en un diagrama de barras con escalones de 10%. Un estado de carga comprendido entre un 60 y 80% es normal.



↑ **Figura 7.30.** Indicación del estado de la batería en el cuadro de mandos (Audi).



4. Avances en la fabricación de baterías

4.1. Baterías de bajo mantenimiento

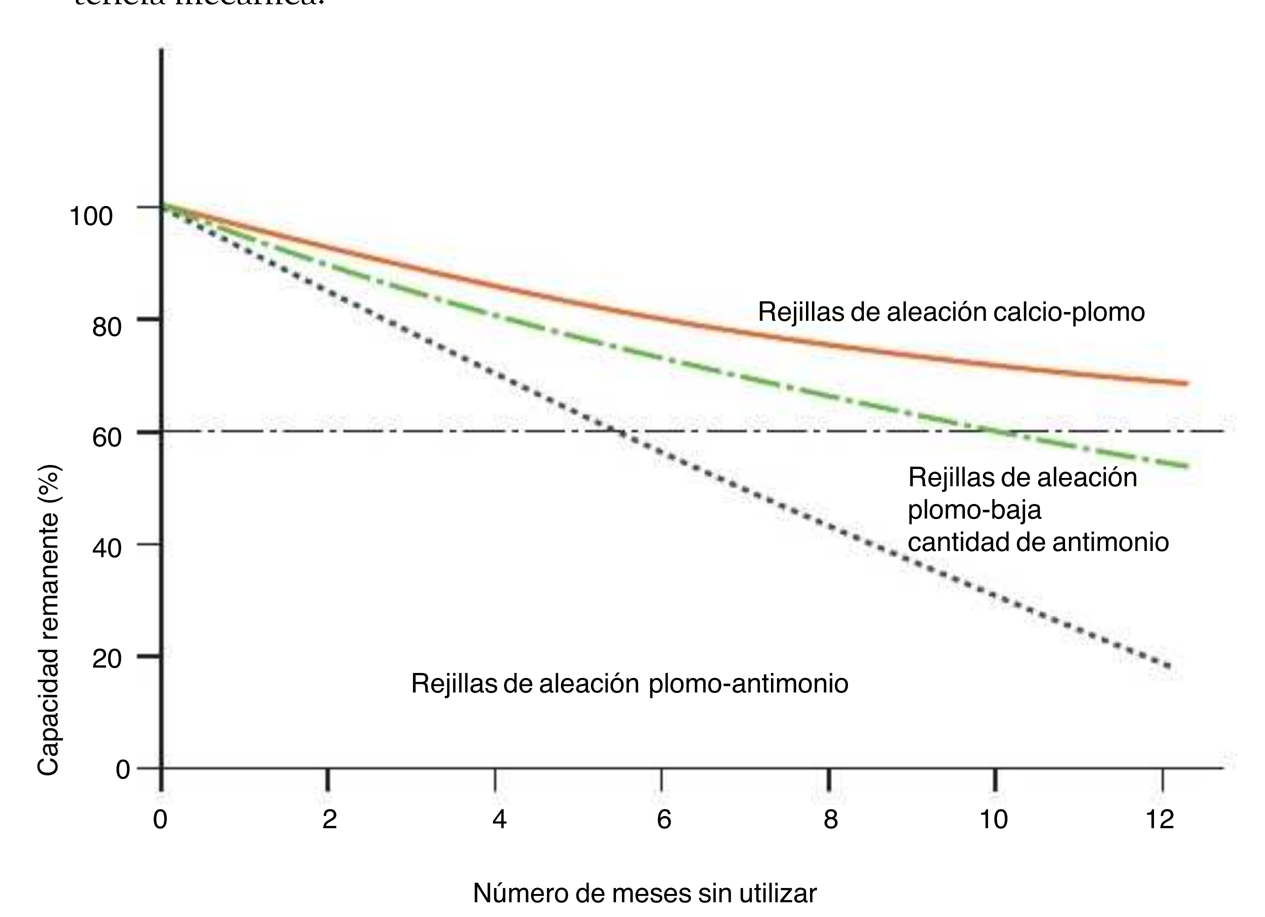
Las baterías de bajo mantenimiento han sido desarrolladas para reducir al máximo el consumo de electrólito y la autodescarga con el fin de prolongar el intervalo en las inspecciones de mantenimiento.

Estas baterías se diferencian de las comunes en:

- La cantidad de antimonio utilizado en la fabricación de rejillas para placas es muy pequeña. En algunos casos, el antimonio se ha sustituido por otro metal como por ejemplo el calcio.
- Tienen menor autodescarga que las comunes, lo que permite alargar el tiempo de almacenaje sin necesidad de recargar la batería. Una batería común tendría una carga remanente del 60 % tras cinco meses sin ser recargada. En las baterías de bajo mantenimiento este periodo se alarga hasta 10 meses con la utilización de rejillas de muy bajo contenido en antimonio y hasta 12 meses con rejillas de plomo-calcio.
- La velocidad de pérdida de agua del electrólito es sumamente baja en baterías de bajo mantenimiento. En baterías de plomo-calcio, supone la mitad, e incluso la cuarta parte, respecto a las baterías comunes.
- La utilización de rejillas radiales optimiza la conductividad eléctrica que, junto con la utilización de separadores de baja resistencia eléctrica y alta resistencia mecánica, permiten una mayor recarga y dotan a la batería de gran resistencia mecánica.

recuerda

Las baterías de bajo mantenimiento suelen llevar sellados los vasos, conviene mirar el nivel cada año y si fuese necesario añadir agua destilada al electrólito.



↑ **Figura 7.31.** Gráfico de autodescarga de baterías.



Últimamente han aparecido en el mercado baterías 100 % sin mantenimiento, cuyas placas negativas se componen de aleaciones de plata. Estas baterías tienen las siguientes ventajas:

- Consiguen un rendimiento en el arranque del 30 % superior a la de plomo-calcio.
- Son altamente resistentes a los ciclos repetitivos, lo que significa un 20 % más de vida útil.
- Por su alta aceptación de carga, son recomendables para su utilización en trayectos cortos.
- Debido a su mínima autodescarga, permiten su almacenamiento por un periodo superior a 15 meses manteniendo al menos el 60 % de su carga.

4.2. Baterías de gel

saber más

Las baterías de gel son muy apropiadas para motocicletas y todo terrenos, vehículos que se encuentran sometidos a inclinaciones y vibraciones fuertes.

La tecnología de gel más reciente ofrece una resistencia fuera de serie a las vibraciones gracias al electrólito ligado en gel. Para ello, los electrodos están firmemente asentados en un gel multicomponente. Todos los ácidos líquidos están ligados en el gel. Esto garantiza una excelente resistencia de los ciclos en las diferentes situaciones de descarga y, además, la mejor protección contra las fugas. Un proceso interno de recombinación de gases evita el desprendimiento de gases y posibilita el sellado de la batería. Una válvula regulada a presión garantiza la máxima seguridad incluso en caso de sobrecarga.



→ **Figura 7.32.** Batería de gel.

4.3. Otros tipos de baterías

En automoción se emplean otros tipos de baterías denominadas de tracción, que van montadas en vehículos híbridos y eléctricos. Las más empleadas son:

Baterías de plomo-ácido sulfúrico

Son similares a las baterías ya estudiadas para arranque, con la diferencia de utilizar placas positivas de unos 9 mm de espesor. Además en las placas de baterías para el arranque se utilizan espesores entre 1,5 y 2,5 mm, así como materia activa revestida con tubos de plástico poroso.



Baterías alcalinas

Son de aspecto similar a las baterías de plomo, con un proceso de trabajo análogo. La diferencia radica en el material de sus componentes. Las placas positivas están provistas de unos cubitos de acero niquelado perforado, en los cuales se introduce a presión una mezcla de hidróxido de níquel y escamas de níquel. En las placas negativas se emplea, como materia activa, hidróxido de cadmio, en el caso de baterías de cadmio-níquel, o hidróxido de hierro para baterías de ferro-níquel. Esta materia se introduce en unos recipientes de chapa de acero a modo de bolsas perforadas que contienen las placas. Como electrólito se emplea hidróxido potásico (KOH) diluido en agua. La tensión durante la descarga es de 1,2 V por elemento.

Las principales ventajas de este tipo de baterías son:

- Mayor resistencia a los ciclos alternativos.
- Menor disminución de capacidad para corrientes elevadas en descarga, principalmente en tiempo frío.
- Puede dejarse largo tiempo completamente descargada sin deterioro alguno.

Los principales inconvenientes son:

- El mayor coste de fabricación, ya que su estructura es más complicada y los metales empleados (níquel, etc.) mucho más caros.
- Al ser la tensión por elemento inferior a las de plomo-ácido, necesita de más vasos para producir la misma tensión.

Baterías níquel e hidruro metálico (NiMH)

Las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH) se emplean en los vehículos híbridos que disponen de motores eléctricos de accionamiento (figura 7.33).

Las características técnicas de este tipo de baterías son las siguientes:

Trabajan a una tensión elevada. La tensión nominal se encuentra entre los 200 a 300 V y necesitan un sistema de refrigeración forzada de aire para evitar los excesos de temperatura en los procesos de carga y descarga. No necesitan un mantenimiento específico, la batería se encuentra totalmente cerrada.

El vehículo equipado con este tipo de baterías necesita un conjunto rectificador-transformador (figura 7.34) para alimentar los motores eléctricos con corriente alterna del orden de 650 V y toda la red eléctrica del vehículo a 12 V en continua. Ejemplo: batería del Prius, tensión nominal 201V, número de módulos 28, capacidad (Ah/kWh) 6,5/1,31 y potencia máxima (kW) 27.

seguridad

Para trabajar en los circuitos eléctricos de alta del Toyota Prius, desconectar el disyuntor desconectador que dispone la batería y esperar cinco minutos para las descargas de los condensadores. Emplear guantes protectores de la clase 0 contra tensiones de 1.000 V.

↑ **Figura 7.33.** Batería de níquel e hidruro metálico (fuente Toyota).



↑ **Figura 7.34.** Conjunto rectificador transformador (fuente Toyota).



En la figura 7.35 se describe el proceso de fabricación de las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH) del Toyota Prius y los materiales que se emplean.

Electrodo negativo de **celda de batería**

Proceso de mezcla de materiales

Materiales de electrodo negativo: aleación absorbente de hidrógeno

Se corta en una sola placa

Electrodo positivo de **celda de batería**

Proceso de mezcla de materiales

Materiales de electrodo positivo: hidróxido de níquel

Se corta en una sola placa y se envuelve con separador

Se apilan los electrodos negativos y positivos

Se sueldan los colectores a los electrodos apilados

Celda completada

Módulo de **celda** y *pack*

Se inserta la pila de electrodos en la carcasa de resina. Se conecta la pila de electrodos

Se rellena cada celda con electrolitos

Se suelda la cubierta superior y se realiza una descarga de seguridad

Se activa la batería mediante ciclos de carga y descarga

Se monta la batería completa

↑ **Figura 7.35.** Fabricación de una batería de níquel-hidruro metálico (fuente Toyota).

saber más

El electrólito de la batería de níquel e hidruro metálico (NiMH) está formado por un gel compuesto de hidróxidos de potasio (KON) y sodio (NaOH).

Baterías de ion-litio

Las baterías de ion-litio se montan en los vehículos totalmente eléctricos y en algunos deportivos para aligerar peso, las baterías de ion-litio pesan mucho menos y tienen mucha más capacidad y no sufren el problema conocido como «efecto memoria», es decir, permiten la recargas continuas dentro de un corto periodo de tiempo.

Los vehículos eléctricos equipados con baterías ion-litio pueden tener una capacidad de 24 kWh y 20 kWh disponibles lo que permite al vehículo tener una autonomía de más de 150 kilómetros. La carga de la batería se puede realizar con una toma a la red eléctrica.

El funcionamiento básico de carga y descarga de esta batería se encuentra explicado en la unidad 3, apartado 4.2.

5. Acoplamiento de baterías

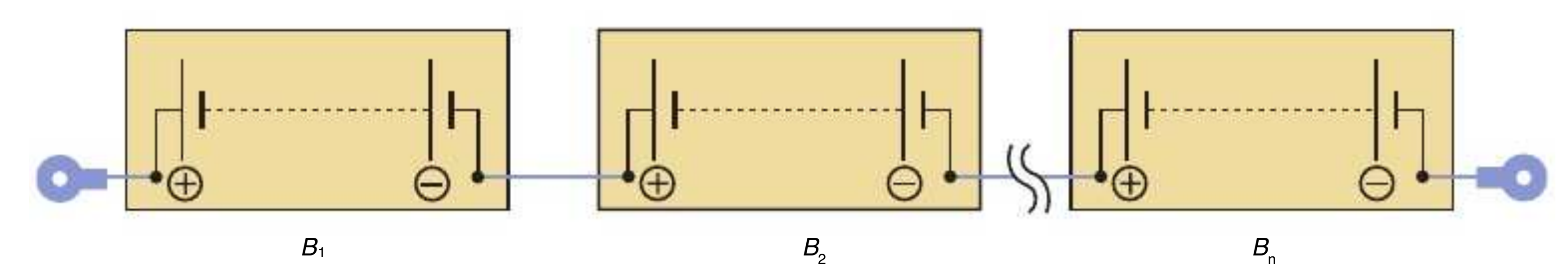
Las baterías se comercializan generalmente con tensiones nominales de 6 o 12 V, las más utilizadas como baterías de arranque son las de 6 y 12 V. Partiendo de estas u otras baterías de tensiones diferentes, podemos realizar diferentes combinaciones para obtener el equivalente a una batería de mayor tensión, capacidad o ambas cosas a la vez. Estas combinaciones pueden ser de tres tipos:

- Acoplamiento en serie.
- Acoplamiento en paralelo.
- Acoplamiento mixto.

Acoplamiento en serie

En el acoplamiento en serie se conectan las baterías de tal forma que el borne negativo de la primera batería se une al borne positivo de la segunda, el negativo de la segunda al positivo de la siguiente y así sucesivamente, las que fueran necesarias.

Quedan libres para su conexión al circuito exterior el borne positivo de la primera y el negativo de la última (figura 7.36).



↑ **Figura 7.36.** Acoplamiento de baterías en serie.

Si tenemos un conjunto de n baterías con características:

$B_1 \Leftrightarrow$ Tensión = E_1 Capacidad = C_1 Resistencia interna = r_1

$B_2 \Leftrightarrow$ Tensión = E_2 Capacidad = C_2 Resistencia interna = r_2

… … … …

$B_n \Leftrightarrow$ Tensión = E_n Capacidad = C_n Resistencia interna = r_n

Al realizar este tipo de acoplamiento, tenemos que colocar baterías de la misma capacidad. De no ser así, en el momento de descarga, al pasar la misma intensidad por cada una de las baterías, la de menor capacidad se descargará antes que las demás, desequilibrando el conjunto. Por otro lado, durante la carga tendríamos que ajustar la intensidad tomando como referencia la capacidad de la menor, por lo cual al final de la carga de esta, el resto, de mayor capacidad, no se habría cargado por completo. Si por el contrario se seleccionara la intensidad y el tiempo de carga correspondiente a la batería de mayor capacidad, la de menor estaría sometida a una sobrecarga.



↑ **Figura 7.37.** Baterías en serie de un camión.

La batería resultante de este tipo de acoplamiento tendrá las siguientes características:

- Capacidad:

  Por ser todas iguales en capacidad:

$$C_t = C_1 = C_2 = C_n$$



- Tensión:

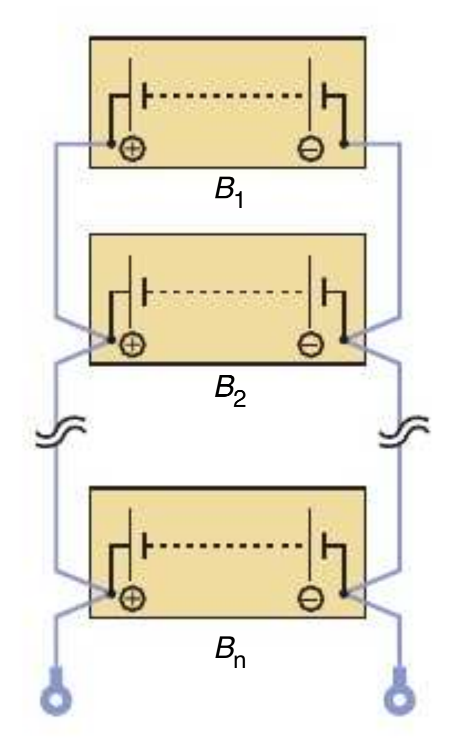
$$T_t = E_t = E_1 + E_2 + \ldots + E_n$$

- Resistencia interna:

$$R_t = r_t = r_1 + r_2 + \ldots + r_n$$

Acoplamiento paralelo

En el acoplamiento en paralelo, se unen todos los bornes positivos entre sí formando un polo común y los negativos de idéntica forma para constituir el otro polo. Ambos polos así formados se unen a los terminales respectivos del circuito exterior (figura 7.38).



↑ **Figura 7.38.** Acoplamiento de baterías en paralelo.

Si tenemos un conjunto de *n* baterías, de características:

$B_1 \Leftrightarrow$ Tensión = E_1 Capacidad = C_1 Resistencia interna = r_1

$B_2 \Leftrightarrow$ Tensión = E_2 Capacidad = C_2 Resistencia interna = r_2

… … … …

$B_n \Leftrightarrow$ Tensión = E_n Capacidad = C_n Resistencia interna = r_n

caso práctico inicial

El arrancador empleado se ha conectado en paralelo para arrancar el Seat Córdoba con la batería descargada.

En este tipo de acoplamiento colocaremos baterías con la misma tensión nominal para mantener el sistema equilibrado, de lo contrario el acumulador de mayor tensión se descargaría sobre los de menor tensión.

Al ser la I_t (intensidad total) que recorre el circuito igual a la suma de las intensidades parciales que recorren cada batería, la batería resultante de este tipo de acoplamiento tendrá las siguientes características:

- Capacidad. Dado que: $I_t = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$ tendremos: $C_t = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$
- Tensión. Por tener todas el mismo voltaje: $T_t = E_1 = E_2 = \ldots E_n$
- Resistencia. Al estar en paralelo, tal y como ya vimos, tendremos:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}$$



El acoplamiento en paralelo se emplea para arrancar un motor empleando una batería cargada y unas pinzas, conectando el borne negativo con negativo y el borne positivo de la batería nueva con el positivo de la agotada (figura 7.39). El arrancador autónomo de baterías (figura 7.40) se conecta en paralelo con la batería agotada.



↑ **Figura 7.39.** Acoplamiento en paralelo de dos baterías.



↑ **Figura 7.40.** Arrancador autónomo.

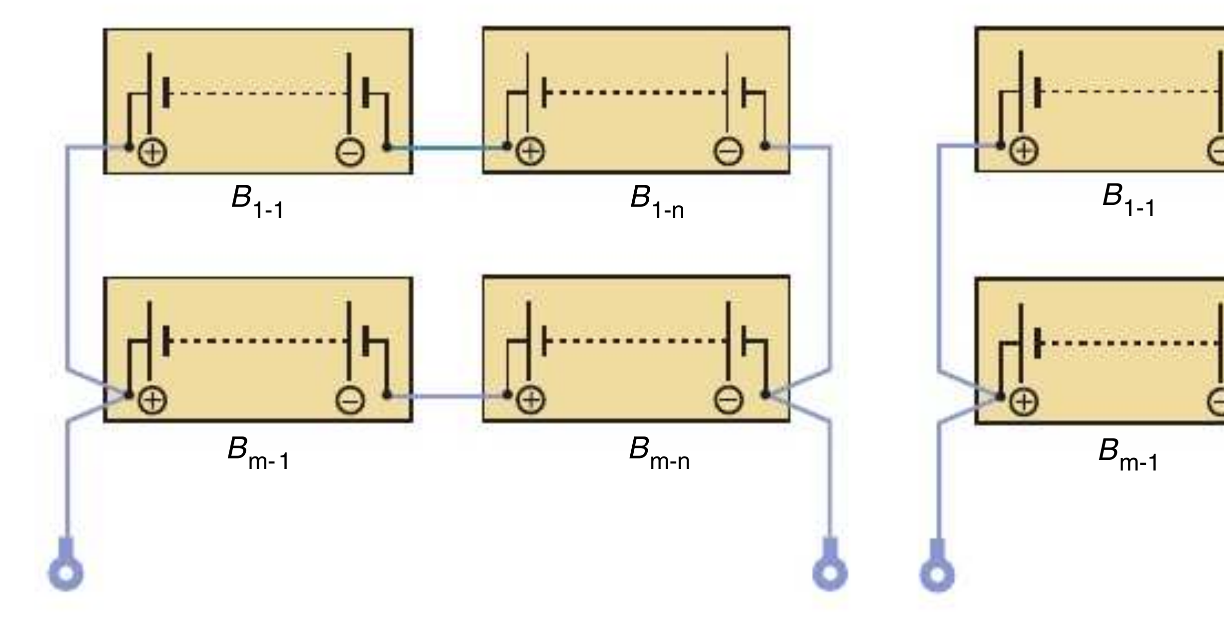
Acoplamiento mixto

Este tipo de acoplamiento engloba los dos tipos anteriormente estudiados, por lo que las características resultantes se adaptan a las estudiadas por separado, serie o paralelo.

Existen dos formas de acoplamiento mixto:

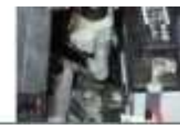
- Acoplamiento serie-paralelo, el cual está formado por varios circuitos serie acoplados en paralelo (figura 7.41).
- Acoplamiento paralelo-serie, formado por varios circuitos paralelos acoplados en serie (figura 7.42).

En la resolución de estos sistemas se emplean las normas y restricciones vistas en los dos sistemas anteriores.



↑ **Figura 7.41.** Acoplamiento serie-paralelo.

↑ **Figura 7.42.** Acoplamiento paralelo-serie.



EJEMPLOS

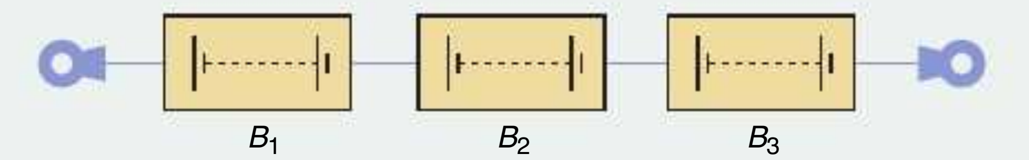
- Determinar las características de la batería equivalente al sistema formado por tres baterías acopladas en serie, de características:

a) 12 V/60 Ah/0,2 Ω

b) 6 V/60 Ah/0,3 Ω

c) 12 V/60 Ah/0,2 Ω

Solución:



↑ **Figura 7.43.**

Al estar conectadas en serie, tendrán la misma capacidad:

$$C_t = C_1 = C_2 = C_3 = 60 \text{ Ah}$$

La tensión total valdrá:

$$T_t = E_t = E_1 + E_2 + E_3 = 12 + 6 + 12 = 30 \text{ V}$$

Y la resistencia:

$$R_t = r_t = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}2 + 0{,}3 + 0{,}2 = 0{,}7\ \Omega$$

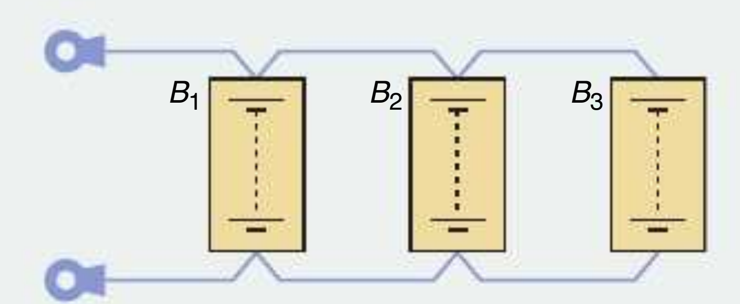
- Determinar las características de la batería equivalente al sistema formado por un conjunto de tres baterías conectadas en paralelo, siendo las características de cada una de estas:

a) 12 V/120 Ah/0,1 Ω

b) 12 V/ 60 Ah/0,2 Ω

c) 12 V/ 40 Ah/0,2 Ω

Solución:



↑ **Figura 7.44.**

Al estar conectadas en paralelo, tendrán la misma tensión:

$$T_t = E_t = E_1 = E_2 = E_3 = 12 \text{ V}$$

La capacidad valdrá:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 = 120 + 60 + 40 = 220 \text{ Ah}$$

Y la resistencia:

$$\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = \frac{1}{0{,}1} + \frac{1}{0{,}2} + \frac{1}{0{,}2} = \frac{2 + 1 + 1}{0{,}2} \quad \Rightarrow \quad r_t = \frac{0{,}2}{4} = 0{,}05\ \Omega$$



EJEMPLOS

■ ¿Qué características tendrá la batería equivalente al conjunto formado por tres baterías iguales de características 6 V/55 Ah/0,3 Ω, conectadas entre sí en paralelo, que a su vez se conectan en serie con una batería de características 12 V / C4 / 0,1 Ω?

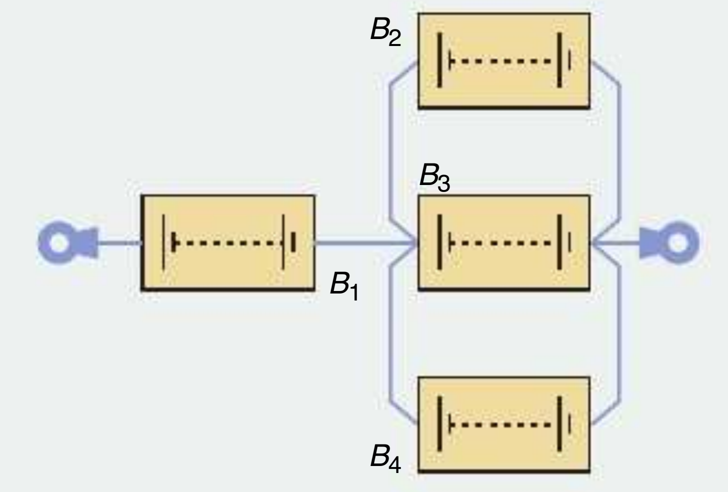
Solución:

En primer lugar determinamos la batería equivalente al sistema formado por las tres en paralelo.

$E_p = E_1 = E_2 = E_3 = 6$ V

$C_p = C_1 + C_2 + C_3 =$

$= 55 + 55 + 55 = 165$ Ah



↑ **Figura 7.45.**

$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = \frac{1}{0{,}3} + \frac{1}{0{,}3} + \frac{1}{0{,}3} = \frac{1+1+1}{0{,}3} = \frac{3}{0{,}3}$$

$$r_p = \frac{0{,}3}{3} = 0{,}1\ \Omega$$

Al colocar en serie la batería equivalente calculada anteriormente con la que falta, esta última, tendrá una capacidad de 165 Ah.

$Bp = 6V / 165\ Ah / 0{,}1\ \Omega$; $Cb = C4 = 165$ Ah

$B_1 = 12$ V / 165 Ah / 0,1 Ω

y la resultante total:

$T_t = E_t = E_p + E_4 = 6 + 12 = 18$ V $C_t = C_p = C_4 = 165$ Ah

$r_t = r_p + r_4 = 0{,}1 + 0{,}1 = 0{,}2\ \Omega$ $B_t = 18$ V / 165 Ah / 0,2 Ω

■ Disponemos de 7 baterías con las siguientes características:

- 12V/80 Ah
- 6V/20Ah
- 6V/20Ah
- 2 de 3V/10Ah
- 12V/60Ah
- 3V/60Ah

Determinar el conexionado de dichas baterías para obtener 27V / 80Ah

Solución:

1º) Conexionamos en paralelo las tres baterías de 3 V.

2º) Conexionamos las dos de 6 V en serie. En paralelo con estas dos de 6 V, montamos la de 12V / 60Ah.

3º) Con el grupo del punto 2º montamos en serie las del grupo 1º.

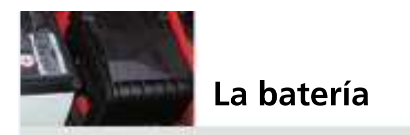
4º) Conexionamos la batería de 12V / 80Ah en serie con los dos grupos anteriores.

ACTIVIDADES FINALES

1. ¿Cuáles son los elementos que componen una batería de plomo-ácido?
2. ¿Cuáles son los elementos químicos que forman el electrólito y en qué proporción?
3. Explica los procesos electroquímicos que ocurren en las baterías de plomo ácido, durante los procesos de carga y descarga.
4. ¿Cuáles son los factores que determinan la capacidad de los acumuladores?
5. Relaciona y comenta las características eléctricas de las baterías.
6. Describe el proceso de verificación de baterías por medio del densímetro.
7. Realiza una tabla que relacione la densidad del electrólito con la carga de la batería.
8. ¿Cómo afecta la temperatura al estado de carga de las baterías?
9. ¿Cuáles son las precauciones a tomar en cuenta para cargar una batería?
10. Determina la batería equivalente al conjunto formado por seis baterías iguales de 12 V/55 Ah/0,1Ω colocadas en paralelo.
11. Determina la batería equivalente al conjunto de baterías del ejercicio anterior, colocadas en serie.
12. Necesitamos suministrar corriente a un circuito exterior que requiere 24 V/230 Ah. Disponemos para tal fin de siete baterías de las características:

    4 unidades de 6V/50 Ah/0,2 Ω
    1 unidad de 12 V/100 Ah/0,1 Ω
    1 unidad de 12 V/180 Ah/0,05 Ω
    1 unidad de 12 V/80 Ah/0,08 Ω

    – Determina el conexionado de las baterías para obtener las características requeridas por el circuito exterior.
    – Dibuja el esquema de conexión.
    – Calcula la resistencia equivalente del sistema de baterías.
13. La densidad del electrólito en una batería plomo-ácido medida a 50 °C es de 1,200 g/cm^3. ¿Cuál será la densidad corregida a 25 °C y su estado de carga?
14. Explica las medidas de seguridad personales y el tratamiento de las baterías gastadas de plomo-ácido.
15. Explica las medidas de seguridad recomendadas al realizar trabajos eléctricos en vehículos híbridos (Prius) equipados con baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH).



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. ¿Qué diferencias encuentras entre una pila no recargable y un acumulador o batería?

a) No hay diferencia.

b) La pila es un generador de fuerza electromotriz capaz de transformar la energía química en energía eléctrica, y la energía eléctrica en energía química; mientras que la batería, al revés.

c) La batería transforma la energía química en eléctrica pero el proceso no es reversible; mientras que en la pila sí lo es.

d) La pila transforma la energía química en energía eléctrica y el proceso no es reversible; mientras que la batería si es reversible.

2. ¿De qué materia se componen las placas negativas y positivas de una batería de plomo-ácido?

a) Ambas de plomo calcio.

b) Ambas de peróxido de plomo.

c) Las positivas, de plomo y después se empastan con peróxido de plomo; mientras que las negativas se fabrican en plomo/calcio revestido de una pasta de plomo esponjoso.

d) Las negativas, de plomo y después se empastan con peróxido de plomo; mientras que las positivas se fabrican en plomo/calcio revestido de una pasta de plomo esponjoso.

3. ¿Qué se entiende por capacidad de una batería?

a) Es la cantidad de electricidad que puede suministrar durante la descarga.

b) Es la cantidad de electrólito que tiene.

c) Es la cantidad de electricidad que puede absorber durante la carga.

d) Es la relación entre los amperios-hora suministrados hasta quedar descargada, y los amperios-hora consumidos para cargarse.

4. Si al medir la tensión a una batería vemos que el valor es correcto, ¿podemos afirmar que la batería está en buen estado?

a) Sí, cuando la tensión es correcta podemos afirmar que la batería está bien.

b) Depende del tipo de batería.

c) No, ya que las medidas de tensión sólo indican el estado de carga.

d) Depende de la temperatura.

5. ¿A qué llamamos tensión nominal de una batería?

a) Es la tensión en los bornes sin conectarla al circuito exterior.

c) Es la tensión en los bornes una vez descargada por completo la batería.

a) Es la tensión en los bornes, una vez conectada al circuito exterior.

d) Es la indicada por el fabricante en la placa de características.

6. Si una batería tiene una capacidad de 90 Ah y el rendimiento es del 80%, ¿cuántos Ah debe recibir para cargarse totalmente?

a) 90 Ah. b) 80 Ah. c) 112,5 Ah. d) 100 Ah.

7. ¿De qué está compuesto el electrólito de las baterías alcalinas?

a) Ácido sulfúrico diluido en agua destilada.

b) Hidróxido de níquel y escamas de níquel.

c) Hidróxido potásico diluido en agua.

d) Hidróxido de cadmio.

8. ¿Qué misión realiza el desconectador con detonador?

a) Desconectar la corriente del vehículo en caso de accidente.

b) Desconectar la corriente del vehículo a voluntad del conductor.

c) Desconectar y conectar la corriente del vehículo al parar el motor.

d) Conectar la corriente del vehículo al dar el contacto y activar el detonador.

9. ¿Qué tensión aproximada emplean las baterías de níquel e hidruro metálico (NiMH)?

a) 12 V b) 24 V c) 1.000 V d) De 200 a 300 V

10. ¿Qué aparatos se emplean para comprobar una batería?

a) Densímetro, óhmetro y osciloscopio.

b) Voltímetro, amperímetro y el *pickup*.

c) Densímetro, óhmetro y descargador rápido.

d) Densímetro, voltímetro y descargador rápido.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Batería de plomo-ácido

MATERIAL

- Polímetro digital
- Comprobador de baterías
- Densímetro
- Gafas protectoras
- Guantes

Comprobar el estado de carga de una batería

OBJETIVO

Aprender a comprobar la batería empleando un descargador rápido y el densímetro.

PRECAUCIONES

- Procurar no derramar electrólito ya que contiene ácido sulfúrico muy corrosivo sobre los metales, pinturas y sobre los tejidos.
- Tener mucho cuidado con las salpicaduras de electrólito sobre los ojos o sobre heridas. Si así fuera, lavar con agua abundante.
- Emplear gafas protectoras para los ojos y guantes en las manos.

DESARROLLO

1. Disponemos de una batería con el nivel de electrólito correcto en todos los elementos (aproximadamente 1 cm por encima de las placas).

2. Con un comprobador de baterías capaz de realizar una descarga de 200 A, conectamos el comprobador (también denominado descargador) tal como se aprecia en la figura 7.47, pero sin «pinchar» en el borne positivo. Con esto, lo que comprobamos es la tensión en vacío de la batería se encuentra bien (entre 12 y 13 V).

A continuación, «pinchamos» en el borne positivo (figura 7.48), provocando una descarga durante un tiempo máximo de 5 segundos. Comprobamos que la tensión no baja de 9 V, lo que indica que la batería está en buen estado.

3. La batería también se puede comprobar midiendo la densidad del electrólito en cada vaso, tal como se aprecia en la figura 7.49, y comprobamos que la medida es muy similar en todos los vasos.

Con la batería cargada, la densidad deber ser del orden de 1,28 tal como apreciamos en el detalle del densímetro de la figura 7.50.



↑ **Figura 7.47.**



↑ **Figura 7.48.**



↑ **Figura 7.49.**



↑ **Figura 7.50.**

Localizar drenajes de corriente en un vehículo debidos a la descarga de la batería

HERRAMIENTAS

- Polímetro digital

MATERIAL

- Vehículo

OBJETIVOS

Localizar el consumo de corriente excesiva en el vehículo, cuando se encuentra estacionado la batería se descarga.

PRECAUCIONES

Las normales en los trabajos en circuitos eléctricos, seleccionar las escalas adecuadas en el polímetro y tener cuidado al conectar y desconectar relés y fusibles.

DESARROLLO

1. Desconectar el borne negativo de la batería e intercalar un amperímetro en serie para medir el consumo del drenaje 0,46 A (figura 7.51).
2. Quitar los fusibles de alimentación del circuito de alumbrado interior y radio, para eliminar consumos fijos, se considera un consumo normal 0,25 A.
3. Desconectar los fusibles de alimentación principales, para comprobar que efectivamente el consumo se debe a que un circuito de aproximadamente 5 W se encuentra conectado. Al soltar el cable de la conexión del fusible 2 S 163 que alimenta el habitáculo el consumo desciende a 0,01 A (figura 7.52).
4. El siguiente paso es localizar el circuito que se encuentra consumiendo corriente, para localizar qué circuito es el causante del drenaje, se quita uno a uno los fusibles de cada circuito y se comprueba que el consumo en amperios desciende a 0,01 A.
5. Al desconectar el fusible 28 que alimenta la luz de la guantera (figura 7.54) el consumo desciende y se ha localizado el circuito que se encontraba funcionando indebidamente.



↑ **Figura 7.51.** Medir el consumo en amperios, desconectando el borne negativo.



↑ **Figura 7.52.** Quitar fusible 2 S163 de 110A.



↑ **Figura 7.53.** Localizar la caja de fusibles.



↑ **Figura 7.54.** Desconectando los fusibles.



MUNDO TÉCNICO

La batería: el alma del auto

Si hay algún dispositivo del automóvil que requiere un especial cuidado en su compra y conservación, este es la batería. El principal problema es que el mercado de las baterías es extenso y muy variado y se pueden encontrar hasta veinte marcas distintas, cada una con un precio y una calidad. ¿Cuál elegir? ¿A mayor precio, mayor calidad?

Los expertos en motor aconsejan considerar las que tengan una reserva de arranque superior a 300 amperios y una buena protección que impida las fugas de ácido (sustancia que contienen en su interior), evitando así la corrosión del motor. La mejor opción de compra es la que reúne todas estas características: baterías de gama media -ni las más baratas ni las más caras- con amperaje similar al recomendado por el fabricante o algo mayor si el vehículo cuenta con muchos dispositivos electrónicos adicionales.

Cómo cuidar una batería

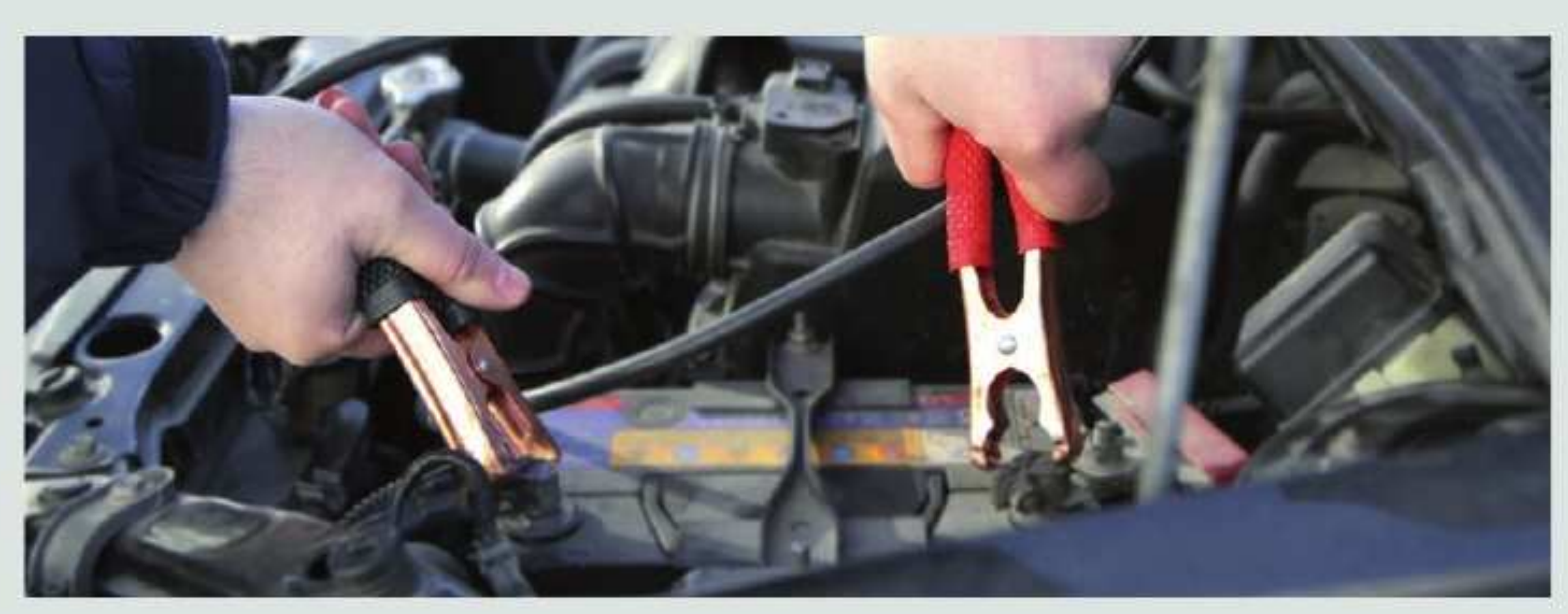
- **Nivel de agua.** Es necesario verificar a menudo el nivel del agua y que el mantenimiento sea periódico, mínimo una vez al año.
- **Corriente eléctrica.** Siempre que se vaya a instalar un accesorio electrónico en el vehículo conviene consultar con un técnico si la potencia de la batería será suficiente, porque es posible que interese sustituirla por el aumento de demanda de corriente eléctrica.
- **Sistema de carga.** Revisar el sistema de carga del auto, el alterador y regulador de voltaje, para evitar sobrecargas y descargas.
- **Con lluvia.** La lluvia obliga a limpiar a menudo el acumulador para evitar que se ensucien los conectores y se pierda el contacto e impidiendo que se recargue la batería. Además, con la suciedad se corre el peligro de que penetre alguna impureza en el electrólito y la batería dure menos. Por eso es importante que los tapones estén bien puestos.
- **Con el calor.** El calor desgasta los materiales de la batería, de manera que se debe comprobar con mayor cuidado en cualquier otra época del año el nivel del agua y la limpieza de bornes.

Elementos dañinos para las baterías:

Los especialistas en motor aseguran que una batería bien cuidada y utilizada correctamente garantiza y alarga su buen funcionamiento. Para ello se debe tener en cuenta qué puede afectar a la buena salud de una batería:

- El mal funcionamiento del sistema de carga, debido a un fallo en el alternador.
- Secado de las celdas porque no tiene los niveles de agua suficientes.
- Una mala colocación de la batería, de manera que esta pueda vibrar y la vibración es uno de los factores que más dañan a la batería, por lo que se recomienda que vaya bien sujeta al vehículo.
- Fallos en el sistema de arranque, por lo que le exige más fuerza a la batería.

El Nuevo diario.com



EN RESUMEN

ACUMULADORES PARA AUTOMOCIÓN. BATERÍAS

- **ALTERNADOR**
  - **BATERÍA** → Acumula la energía eléctrica que recibe del alternador en energía química
    - Servicios
    - Motor de arranque
    - 6 V → Motos y clásicos
    - 12 V → Automóviles
    - 24 V → Camiones dos baterías 12 V en serie

SEGURIDAD Y RESIDUOS

- Emplear guantes y gafas
- Depositar las baterías gastadas en contenedores
- Cortacorrientes
- Dispositivos automáticos de gestión y corte de corriente

entra en internet

■ 1. Busca en Internet fabricantes de baterías de plomo-ácido. Intenta buscar si existe alguna relación comercial de los fabricantes de vehículos con los fabricantes de baterías.

■ 2. Busca en Internet vehículos que monten baterías de níquel e hidruro metálico. ¿Qué tipo de propulsión tienen estos vehículos?

■ 3. Busca en Internet información sobre los fabricantes de baterías de ion-litio.

■ 4. ¿Están participadas las empresas de baterías de los vehículos eléctricos por los fabricantes de automóviles?

■ 5 ¿Qué importancia crees que tendrán las nuevas baterías en la industria automovilística?

■ 6. ¿Qué tipo de baterías serán las que según tu opinión, se impondrán en el futuro?, razona tu respuesta.

8 Circuito de carga

vamos a conocer...

1. Misión del circuito de carga
2. Principios de funcionamiento de los generadores de corriente
3. Estructura del alternador
4. Rectificación de la corriente
5. Funcionamiento del alternador
6. Características eléctricas del alternador
7. Verificaciones del alternador
8. Tipos de alternadores
9. El regulador de los alternadores

PRÁCTICA PROFESIONAL
Desmontaje y verificación de un alternador con regulador incorporado

MUNDO TÉCNICO
Ford Focus ECOnetic (Stop-Start)

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás las ventajas del alternador sobre la dinamo.
- Conocerás los principios de funcionamiento de los generadores de corriente electromagnéticos.
- Aprenderás a verificar los componentes de un alternador.
- Conocerás la misión del regulador y los reguladores empleados.
- Aprenderás a localizar averías en el circuito de carga.

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Los profesores y alumnos de un instituto de Asturias han decidido realizar un *buggy* .

En el reparto de tareas, el grupo de Carga y Arranque de primero de electromecánica, tiene que realizar el circuito de carga con un generador de energía que pueda alimentar eléctricamente todas las necesidades eléctricas del *buggy*.

Lo primero que se plantean es decidir el tipo de generador, dinamo o alternador, el profesor no tiene ninguna duda, el alternador es más fiable, más ligero, es capaz de generar la electricidad a ralentí de motor y necesita menos mantenimiento.

Para poder realizar el cableado del circuito de carga y elegir el tipo de alternador es conveniente ponerse de acuerdo todos los grupos que colaboran y determinar los siguientes datos:

- Tipo de motor.
- Posición de la batería.
- Utilidad que le quieren dar al *buggy,* si se piensa participar en algún concurso, carrera. Si se quiere realizar prueba automovilística, se debe montar un sistema de seguridad cortacorriente con acceso desde el exterior.
- Circuitos de señalización, maniobra y alumbrado que debe disponer.



↑ *Buggy.*

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Se puede montar una dinamo en el *buggy*?

2. ¿ Qué importancia crees que tiene el tipo de motor en la selección del alternador?

3. ¿Cómo se detecta que el alternador no carga en un automóvil?

4. ¿Cómo crees que afecta la posición de la batería en el diseño del circuito de carga?

5. ¿Por qué crees que es necesario montar un cortacorriente en las pruebas automovilísticas?



1. Misión del circuito de carga

El circuito de carga tiene la misión de generar la energía eléctrica que los circuitos eléctricos del vehículo necesitan para poder funcionar, circuito de encendido, gestión de motor, cambio automático, ABS/ESP, iluminación exterior, interior, maniobra, etc. La corriente sobrante en la alimentación de circuitos, se emplea en recargar la batería (figura 8.1.)

Principales componentes del circuito:

40. Batería de 12 V
31. Alternador
50. Motor de arranque
55. Conector
86. Lámpara del cuadro
128. Conmutador de contacto y arranque

↑ **Figura 8.1.** Esquema del circuito de carga (fuente Fiat).

caso práctico inicial

El *buggy* puede montar una dinamo como generador de electricidad sin ningún problema.

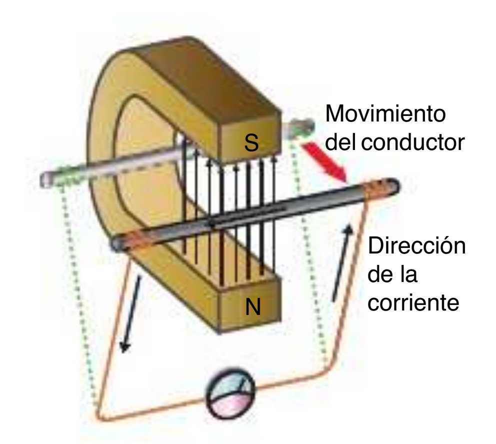
En los modelos clásicos la mayoría de circuitos funcionan mecánicamente, el principal consumo eléctrico es el de los circuitos de alumbrado y la carga de la batería, en estos vehículos se emplea la dinamo como generador de electricidad.

Con la incorporación de nuevos circuitos ha aumentado considerablemente el consumo de electricidad en los vehículos y la dinamo se ha sustituido por el alternador, actualmente todos los vehículos incorporan de fábrica alternador.

2. Principios de funcionamiento de los generadores de corriente

Los generadores de corriente que se montan en los vehículos, dinamo o alternador, emplean la inducción electromagnética para generar la electricidad.

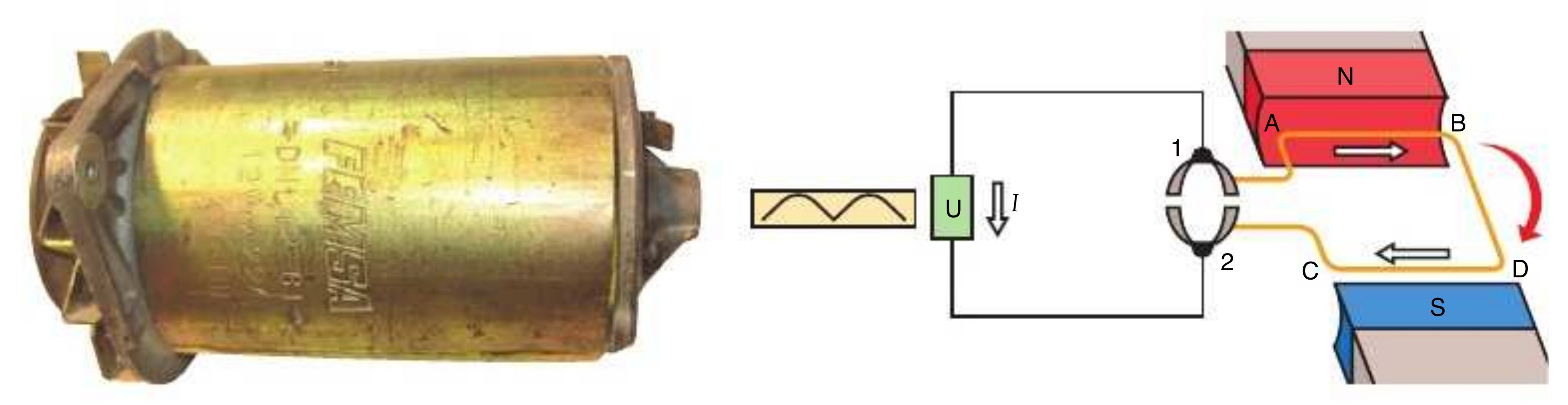
Los principios de funcionamiento de la inducción electromagnética se basan en desplazar un cable conductor dentro de un campo magnético. Al mover el conductor en el seno de un campo magnético, el conductor corta las líneas de flujo del campo magnético (figura 8.2) y en consecuencia aparecerá una fuerza electromotriz inducida en el conductor. La dirección y sentido de esta corriente depende de la dirección del movimiento y de la dirección del flujo cortado.



↑ **Figura 8.2.** Generación de corriente electromagnética.

2.1. Principios de funcionamiento de la dinamo

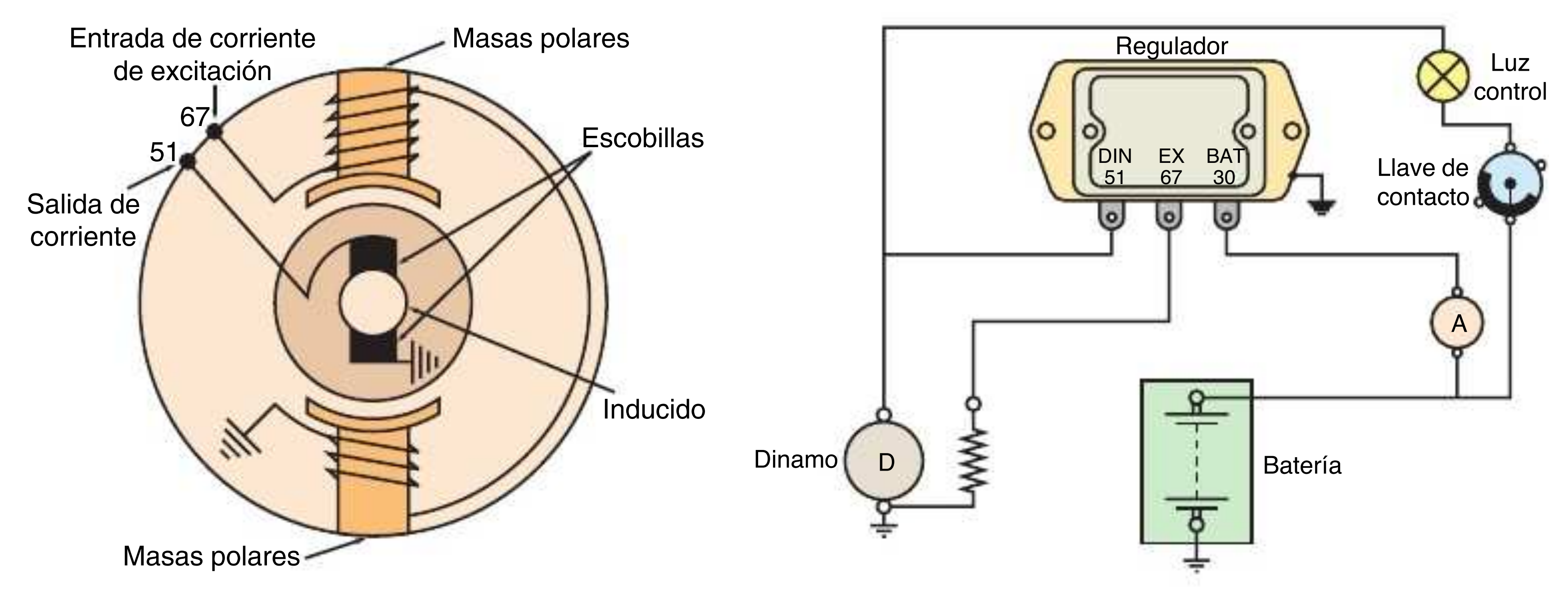
Empleando la inducción electromagnética, la dinamo (figura 8.3) funciona girando los conductores (inducido) dentro del campo magnético formado por las masas polares electromagnéticas, la corriente generada en la escobilla del colector es corriente continua rizada (figura 8.4). El inducido gira con su polea y una correa con el giro del cigüeñal.



↑ **Figura 8.3.** Dinamo 12V 22 A.

↑ **Figura 8.4.** Principio de funcionamiento de la dinamo.

La dinamo necesita un regulador para poder regular la tensión, intensidad y evitar la descarga de la batería, el esquema de conexión interno de la dinamo aparece en la figura 8.5 y la conexión con el regulador y la batería en la figura 8.6.



↑ **Figura 8.5.** Conexionado interno de la dinamo.

↑ **Figura 8.6.** Conexionado de la dinamo, regulador y batería.

recuerda

Un alternador es una máquina que transforma la energía mecánica, que recibe del giro del motor, en energía eléctrica, suministrando corriente alterna al circuito exterior.



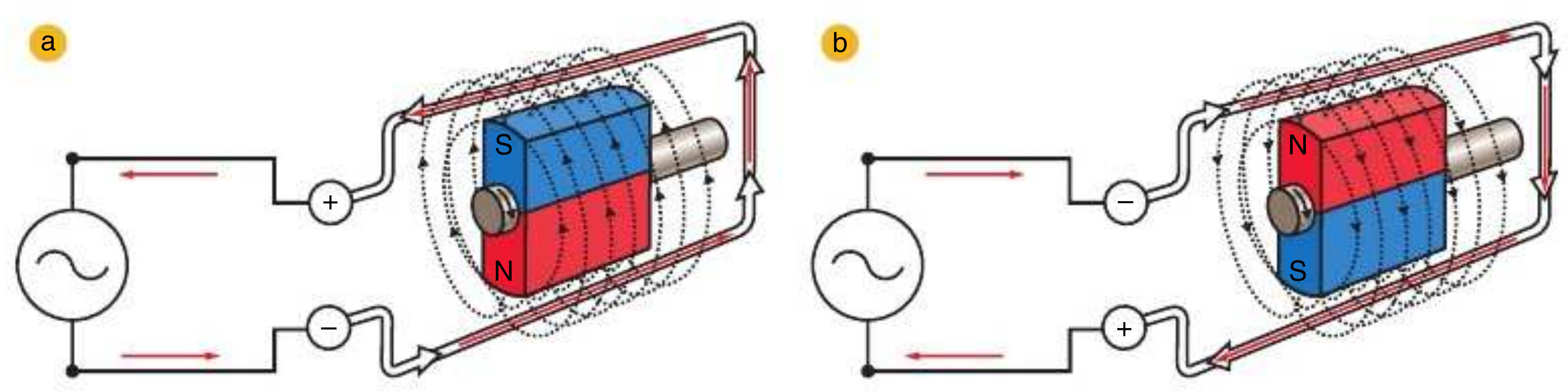
↑ **Figura 8.7.** Borne 51 de carga y 67 excitación.

La dinamo necesita para funcionar un campo magnético en sus masas polares. Cuando la dinamo se monta nueva, es necesario excitar con tensión de batería por el borne 67, para crear el primer campo magnético.

La dinamo es reversible y puede funcionar como motor, alimentando con corriente por los bornes 51 y 67 (figura 8.7) se convierte en un motor de corriente continua.

2.2. Principios de funcionamiento del alternador

El alternador emplea el mismo principio de inducción electromagnética que la dinamo, pero la constitución interna es totalmente distinta, las masas polares que generan el campo magnético giran y los conductores de las bobinas inducidas que inducen la corriente, al contrario que la dinamo, se encuentran fijas (figura. 8.8 a). El rendimiento de este diseño es mucho mayor y la corriente generada es corriente alterna que cambia de polaridad al cambiar los polos magnéticos del campo (figura 8.7 b). El alternador consta de un puente de diodos para rectificar la corriente alterna generada a corriente continua para poderse emplear en la carga de la batería y a la red eléctrica del vehículo.



↑ **Figura 8.8.** Principio de funcionamiento del alternador elemental.

Los alternadores utilizados en automoción son máquinas sincrónicas (los polos del rotor o rueda polar se magnetizan por medio de un bobinado de corriente continua) capaces de suministrar corriente incluso al ralentí.

La corriente alterna generada en el devanado del estátor se divide en dos: una pequeña parte de la misma circula como corriente de excitación una vez que ha sido rectificada por los diodos (más pequeños que los principales) y ha atravesado el regulador; por otro lado, la parte principal de la corriente alterna generada se transforma en corriente continua en los diodos principales del puente rectificador y pasa a la batería y los servicios. Posteriormente, la corriente principal y secundaria regresan al devanado del estátor a través de los diodos negativos principales del puente rectificador.

caso práctico inicial

La demanda de energía del *buggy* depende del tipo de motor (gasolina o Diesel) y de los circuitos eléctricos que se monten.

Tomando los valores de los consumidores de la tabla (figura 8.9) se calcula el consumo aproximado de energía eléctrica.

2.3. Ventajas del alternador frente a la dinamo

La tendencia actual en la fabricación de vehículos pasa por incorporar gestión eléctrica y electrónica a todos los conjuntos mecánicos, sustituyendo los accionamientos mecánicos de forma constante por un accionamiento eléctrico puntual en el momento que se necesita, un ejemplo de esta tendencia es la dirección asistida eléctrica. Con estos nuevos sistemas se aumentan la demanda de energía que el alternador tiene que suministrar en su funcionamiento normal en el vehículo (figura 8.9).

Demanda de potencia de los consumidores de corriente en el vehículo (valores medios)

Alternador – Generador de energía

Batería – Acumulador de energía

Carga

durante la marcha

con el motor parado

Consumidores conectados permanentemente

BOSCH	Encendido	20 W
BOSCH	Bomba eléctrica de combustible	50...70 W
BOSCH	Inyección electrónica de gasolina	70...100 W

Consumidores conectados largo tiempo

BLAUPUNKT	Autorradio	10...15 W
	Luces de posición	4 W cada una
BOSCH	Luces de los instrumentos	2 W cada una
BOSCH (S - A 12)	Luces de los instrumentos	10 W cada una
	Luz de estacionamiento	3...5 W
BOSCH	Faros, luz de cruce	55 W cada uno
BOSCH	Faros, luz de carretera	60 W cada uno
BOSCH	Luces traseras	5 W cada una
BOSCH	Calefactor del vehículo	20...60 W

Consumidores conectados breve tiempo

	Luces intermitentes	21 W cada una
	Luces de freno	18...21 W cada una
BOSCH	Luz del techo	5 W
BOSCH	Elevalunas eléctrico	150 W
BOSCH	Soplador eléctrico del radiador	200 W
BOSCH	Motor de soplador para calefacción y/o ventilación	80 W
BOSCH	Luneta trasera térmica	120 W
BOSCH	Limpialuneta trasero	30...65 W
BOSCH	Bocinas y clarines	25...40 W cada uno
BOSCH	Antena con motor	60 W

Consumidores conectados breve tiempo

BOSCH	Faros antiniebla	35...55 W cada uno
BOSCH	Luces, faros de marcha atrás	21...25 W cada una
BOSCH	Limpiaparabrisas	60...90 W
BOSCH	Motor de arranque para turismos	800...3000 W
BOSCH	Sistema limpia/lava para faros	60 W
BOSCH	Encendedor de cigarrillos	100 W
BOSCH	Faros adicionales	55 W cada uno
BOSCH	Luces de freno adicionales	21 W cada una
BOSCH	En vehículos Diesel: bujías de incandescencia para el arranque	100W cada una

↑ **Figura 8.9.** Demanda de energía eléctrica en un vehículo tipo (fuente Bosch).

El desarrollo de los diodos y su incorporación al alternador como elemento rectificador ha supuesto el paso decisivo para la sustitución de la dinamo por el alternador.

saber más

Alternador vs. dinamo

El alternador tiene más ventajas sobre la dinamo, por lo que la ha desplazado definitivamente como generador de carga.

Al suprimir la rectificación de la corriente alterna de una forma mecánica (como ocurría en la dinamo por medio del colector y escobillas, sometidos al desgaste y limitados por las revoluciones de giro) y sustituirla por un puente de diodos que rectifica la corriente de forma electrónica sin movimiento, obtenemos las siguientes ventajas sobre la dinamo:

- Mayor gama de velocidad de giro. La gama de revoluciones de giro de los motores modernos va desde las 500 a 7.000 r.p.m.

  La dinamo suministra corriente efectiva a partir de las 1.500 r.p.m. (900 r.p.m. en el motor térmico), lo cual significa que al ralentí no carga. El alternador suministra corriente efectiva desde el ralentí, garantizando la alimentación de la batería y los servicios.

- A altas r.p.m, la dinamo, debido a problemas de conmutación, sufre chisporroteo entre las escobillas y el colector que produce elevadas temperaturas y un rápido deterioro de los elementos.

  Los alternadores, al estar las bobinas inducidas colocadas en el estátor, suministran la corriente directamente a los diodos, evitando los problemas producidos en el colector de la dinamo.

- Las masas polares y la bobina inductora forman un conjunto rotor muy compacto. La corriente de excitación, de valor muy pequeño, es conducida al rotor por las escobillas y unos anillos rozantes y, al ser además unidireccional, no existe formación alguna de arco aun a grandes velocidades, permitiendo velocidades de rotación de más de 14.000 r.p.m.

- El regulador para alternador solo necesita un elemento regulador (el de tensión), dado que los diodos se hacen cargo de desconectar el alternador de la batería y los servicios cuando la tensión del alternador cae por debajo de la tensión de la batería al impedir la circulación de corriente en sentido contrario.

  Esa función la hacía el disyuntor en las dinamos. Igualmente, no precisan del regulador de intensidad, dado que es el propio inducido el que limita la intensidad máxima admisible debido al fenómeno conocido como reacción del inducido.

- Los alternadores son considerablemente más ligeros y de menor tamaño que los generadores de corriente continua (dinamos): de un 25 a un 35 % menor según los casos, para la misma potencia nominal.

- El alternador puede trabajar en ambos sentidos de giro sin necesitar modificación alguna, solo con asegurar que el sentido de rotación del ventilador es el adecuado para su perfecta refrigeración.

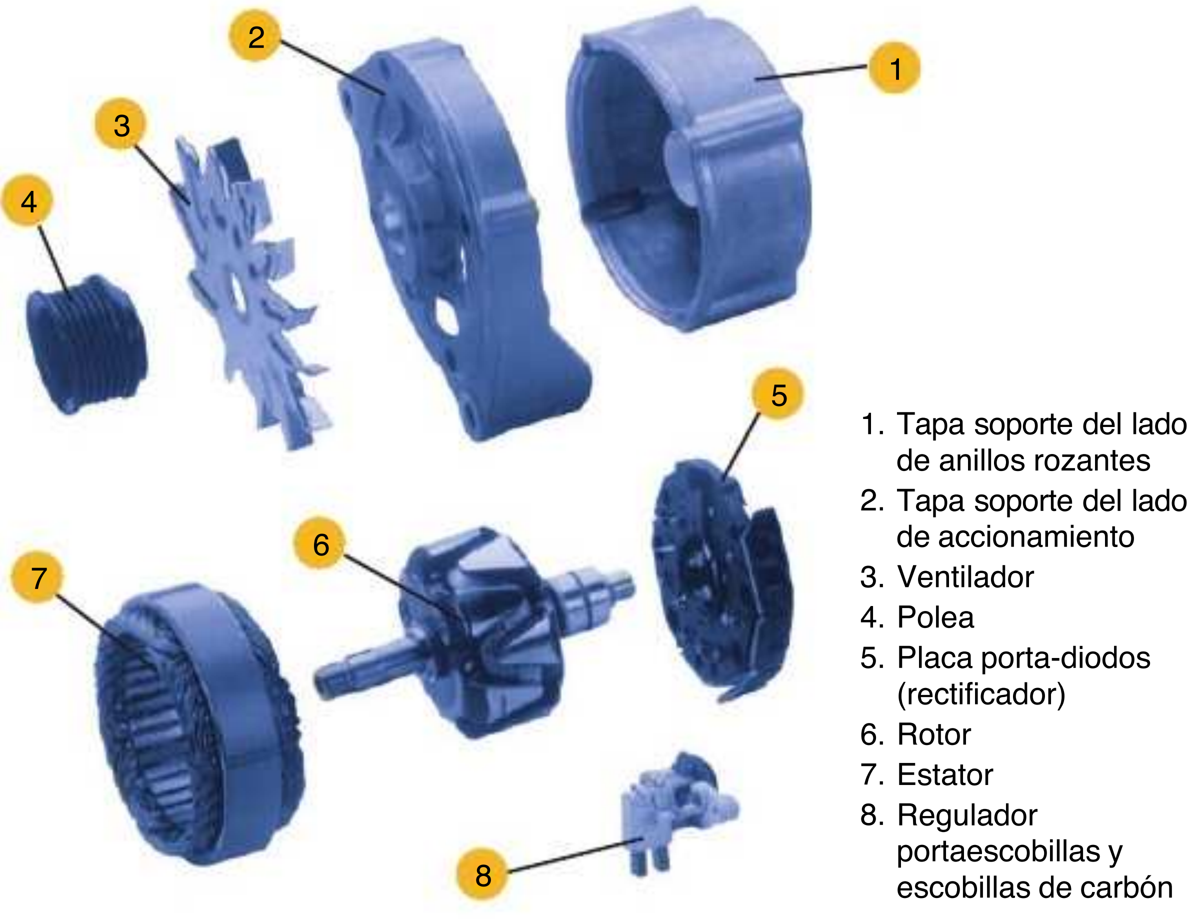
- Dada la robustez del alternador y la ausencia del colector, el alternador tiene una vida útil muy superior a la dinamo, siendo necesario su mantenimiento después de 100.000 km. Además, soporta perfectamente las altas temperaturas exteriores, inclemencias del tiempo, suciedad y vibraciones.

- El alternador es menos ruidoso que la dinamo, los alternadores que incorporan el ventilador en el rotor son muy silenciosos.

3. Estructura del alternador

Para el estudio de los componentes del alternador, tomamos como tipo base el alternador de polos intercalados, por ser el más utilizado en los vehículos automóviles.

El alternador de polos intercalados (figura 8.10) está formado por los siguientes componentes:



↑ **Figura 8.10.** Despiece de un alternador de polos intercalados.

3.1. Tapa soporte del lado de anillos rozantes

La tapa soporte (1) se fabrica en fundición con aleaciones de aluminio y sirve de cerramiento del conjunto y soporte de los siguientes componentes:

- **El portaescobillas,** con las escobillas de carbón, que son presionadas contra los anillos rozantes del rotor y conducen una corriente de excitación relativamente pequeña hasta el devanado inductor (figura 8.10, componente 8).
- **Un puente rectificador** compuesto por unas armaduras, una positiva y otra negativa (figura 8.11) que sirven de soporte a los diodos correspondientes. En algunos alternadores se monta parte de los diodos directamente sobre el soporte. El puente rectificador (figura 8.10, componente 5) dispone de nueve diodos, seis de potencia y tres de excitación (alternadores trifásicos).
- **Un regulador electrónico** (generalmente colocado en todos los alternadores modernos). En muchos casos, forma un conjunto con el portaescobillas (figura 8.12). Si el alternador no incorpora el regulador, este se fija a un lugar protegido de la carrocería y se une al portaescobillas mediante el correspondiente cableado.

El rodamiento de bolas posterior, que va fijo al eje del rotor, se aloja en este soporte con ajuste deslizante. Para que el anillo exterior del rodamiento no gire se dispone de un anillo exterior toroidal de goma alojado en una ranura circular.



↑ **Figura 8.11.** Puente rectificador.



↑ **Figura 8.12.** Porta escobillas con regulador incorporado.



3.2. Tapa soporte del lado de accionamiento

Realizada en fundición de aleaciones de aluminio, incorpora los soportes para el anclaje del alternador al automóvil y el tensado de la correa. Aloja el rodamiento a bolas anterior que se halla elásticamente anclado al soporte mediante arandelas elásticas, capaces de absorber las fuerzas de inercia del conjunto rotor-polea, debidas a las vibraciones (figura 8.10, componente 2).

3.3. Ventilador

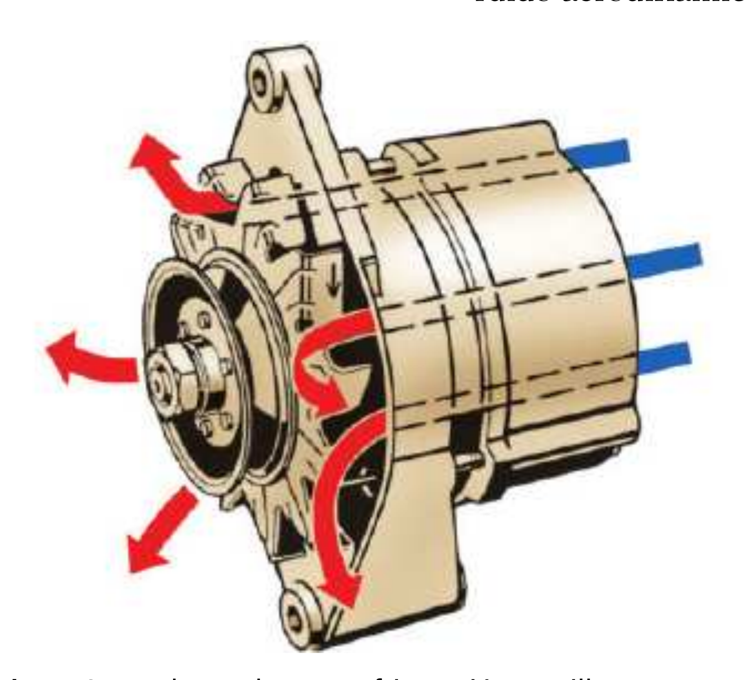


↑ **Figura 8.13.** Ventilador.

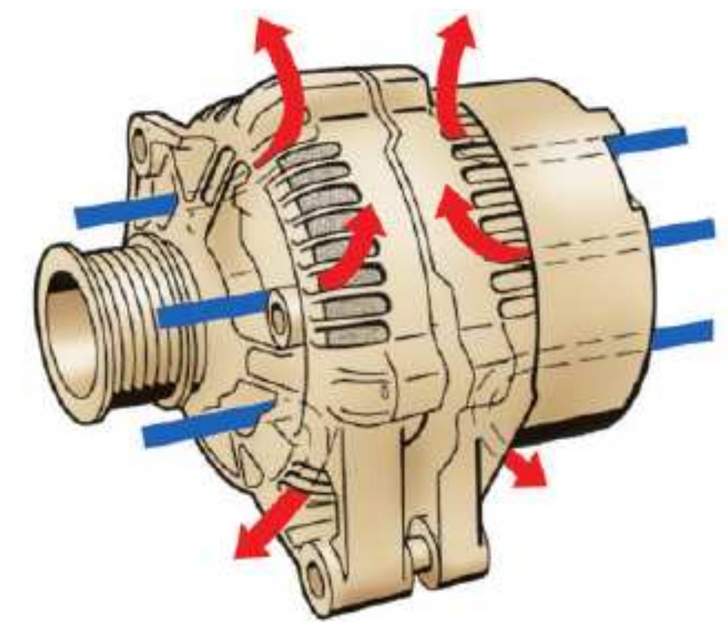
El alternador necesita refrigeración para evitar sobrecalentamientos internos, el ventilador del alternador se encuentra fijado al eje del rotor mediante una chaveta de media luna (figura 8.13) consiguiendo que gire a la misma velocidad que el eje del rotor, las aspas del ventilador fuerzan el paso del aire por su interior y enfrían todo el conjunto.

La mayoría de alternadores de pequeña potencia emplean un ventilador para la refrigeración forzada de un solo flujo de aire (figura 8.14). El aire fresco entra por la parte trasera, lado de los anillos y puente rectificador, pasa por el interior de los bobinados del estátor y el rotor y sale por las aberturas de la tapa de accionamiento.

Los alternadores compactos se refrigeran con una ventilación interior de doble flujo (figura 8.15). Los ventiladores se encuentran colocados en el interior del alternador y los flujos de aire entran por las dos tapas del alternador, la principal ventaja de este diseño es el empleo de ventiladores más pequeños que reducen el ruido aerodinámico de los ventiladores.



↑ **Figura 8.14.** Alternador con refrigeración sencilla.



↑ **Figura 8.15.** Alternador con refrigeración de doble flujo.

El ruido aerodinámico de los ventiladores es un factor a disminuir en los nuevos modelos de gama alta, para disminuirlo se emplean alternadores que disponen de refrigeración líquida.

caso **práctico** inicial

El alternador del *buggy* dispone de polea trapezoidal y ventilador exterior.

3.4. Polea de accionamiento

El giro del rotor del alternador se consigue mediante una transmisión de correa y polea.

En los modelos más antiguos la polea era del tipo trapezoidal (figura 8.14), actualmente la mayoría de alternadores disponen de poleas tipo poliuve (figura 8.15).

La relación de giro del alternador con respecto al motor térmico se consigue con los diámetros de las poleas en el alternador y en la polea del cigüeñal, la relación de los diámetros suele ser en turismos 1,2 a 1,3 y en los vehículos industriales 1,5. La relación debe evitar que el alternador sobrepase su número máximo de revoluciones.

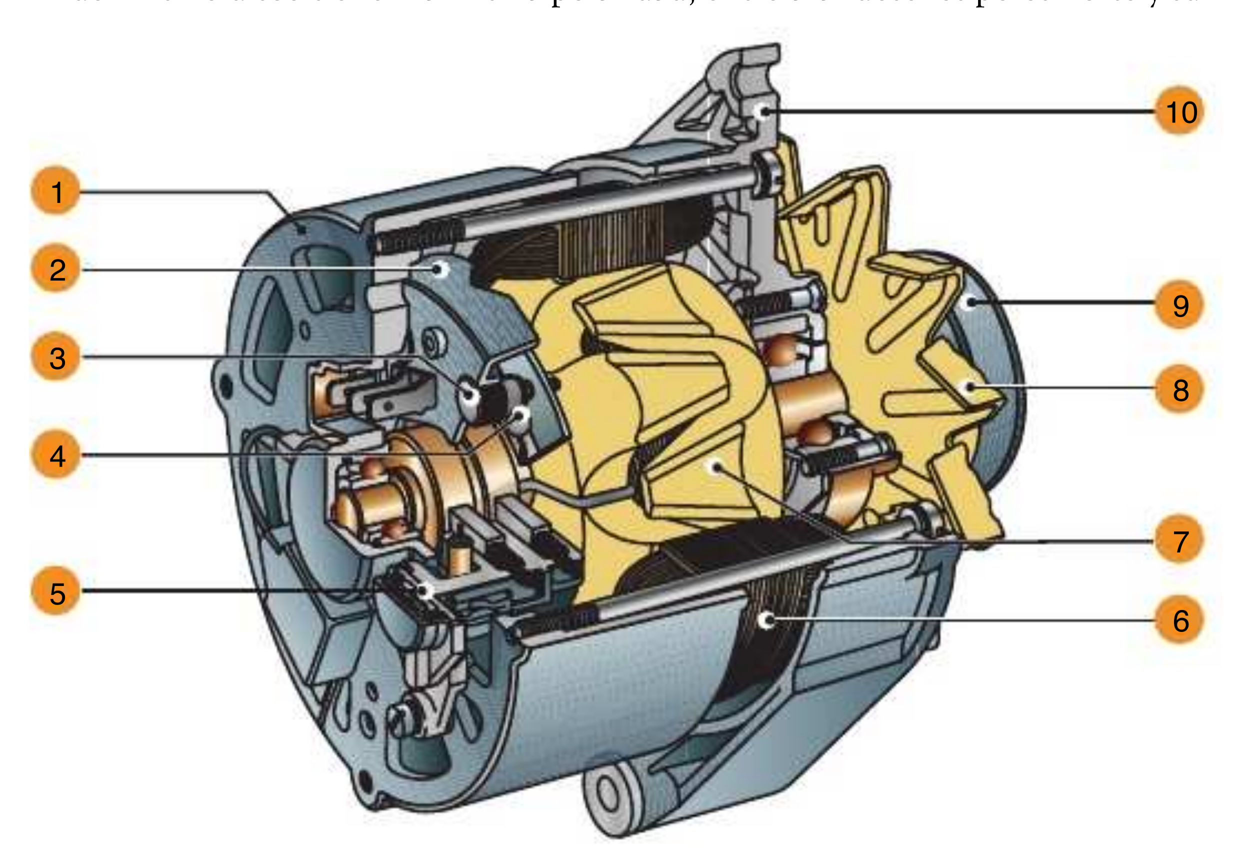
La correa que se emplea para la transmisión tiene que ser del mismo tipo que la polea, correas trapezoidales en poleas trapezoidales y poliuve en poleas poliuve. La tensión de la correa se realiza con un tensor manual o automático y en algunos modelos con el propio alternador, los tensores manuales se deben ajustar correctamente, una tensión excesiva sobrecarga los rodamientos del rotor.

↑ **Figura 8.16.** Rotor desmontado.

3.5. Rotor

El rotor está formado por un eje de acero sobre el que se montan de forma solidaria los siguientes elementos:

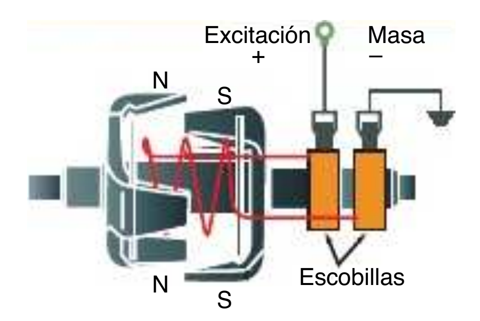
- Las mitades de la rueda polar o colectores de flujo, formados por dos discos de acero forjado, de los cuales sale un número determinado de polos en forma de almena (figura 8.16), montadas de manera que las almenas correspondientes a un disco se alojan en los huecos del otro. El rotor es la pieza central del alternador y la que gira movida por la polea (figura 8.17 núm.7). Todas las almenas del mismo disco tienen la misma polaridad, entrelazándose los polos norte y sur.



1. Tapa soporte del lado de anillos rozantes
2. Rectificador
3. Diodo de potencia
4. Diodo de excitación
5. Regulador portaescobillas y escobillas de carbón
6. Estátor
7. Rotor
8. Ventilador
9. Polea
10. Tapa soporte del lado del accionamiento

↑ **Figura 8.17.** Estructura básica de un alternador trifásico de polos intercalados.

- Un cilindro de material aislante termoestable, sobre el que se moldean los dos anillos rozantes. Cada uno de estos anillos va conectado mediante soldadura a los extremos de la bobina inductora.
- Un arrollamiento circular montado sobre un carrete aislante de material termoplástico (situado en el interior de la rueda polar), que forma la bobina inductora o de excitación, encargada de crear el magnetismo de los colectores de flujo (figura 8.18). Los campos magnéticos N y S, al girar solidarios con su eje, inducen la corriente sobre los cables conductores que se encuentran fijos en su contorno en el estátor.



↑ **Figura 8.18.** Bobinado del rotor.



3.6. Estátor

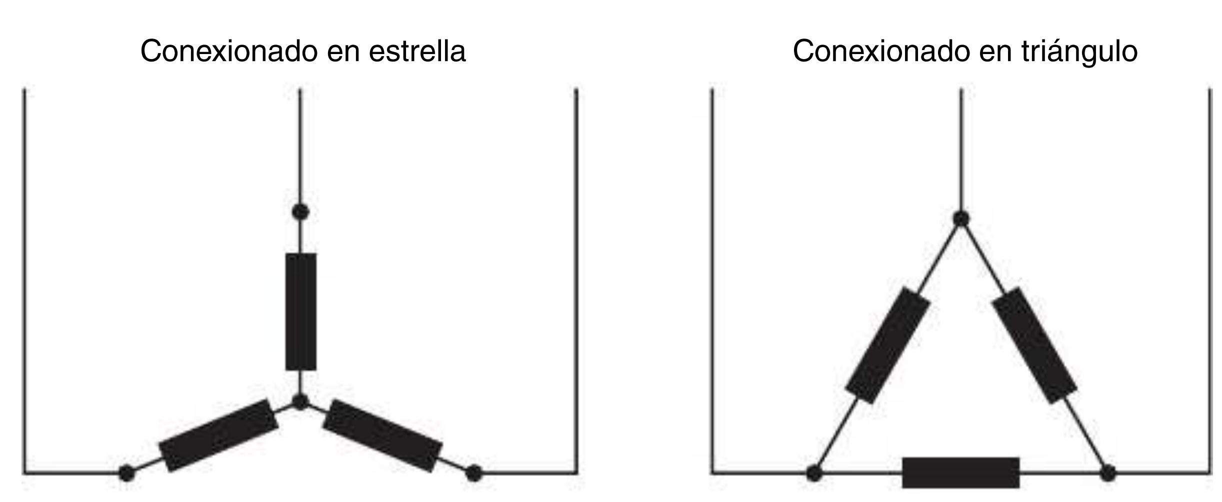


↑ **Figura 8.19.** Estator.

Constituido por una armadura formada por un conjunto de láminas de acero troqueladas en forma de corona circular (figura 8.17, componente 6). En su perímetro interior se encuentran practicadas unas ranuras donde se alojan los arrollamientos del devanado inducido (figura 8.19). Su perímetro exterior se encuentra mecanizado para el acoplamiento y fijación de las tapas: lado de accionamiento y lado de anillos. El devanado inducido está compuesto por un conjunto de espiras que forman una o tres series de bobinas (fases), dando lugar a alternadores monofásicos o trifásicos.

Los alternadores con tres bobinas en el estátor o trifásicos son los más empleados. Según el tipo de conexión entre fases, el estator será del tipo en estrella o triángulo (figura 8.20).

Todas las bobinas van unidas entre sí en serie para aumentar la tensión inducida y, conexionándolas en grupos independientes, se consiguen tensiones desfasadas con respecto al giro.



↑ **Figura 8.20.** Conexiones de las bobinas de un alternador trifásico.

4. Rectificación de la corriente

La corriente producida en los devanados del estátor de los alternadores es corriente alterna que puede ser monofásica o trifásica según el tipo de alternador.

Esta corriente tiene que ser rectificada para poder ser utilizada por los componentes eléctricos y electrónicos del automóvil y para cargar la batería. La rectificación es realizada por los diodos que, dependiendo de su colocación y número, dan lugar a los siguientes sistemas:

caso práctico inicial

El alternador del *buggy* como todos los alternadores disponen de un puente de diodos que rectifica la corriente alterna en continua, que se puede almacenar en la batería y alimentar los componentes electrónicos de las unidades electrónicas.

4.1. Rectificación de media onda

Este tipo de rectificación es el más elemental y utiliza un solo diodo como rectificador de corriente para un alternador monofásico.

Veamos su funcionamiento sobre las figuras 8.21 y 8.22.

La figura 8.21 representa una instalación básica con un alternador monofásico, formado por:

1. Batería.

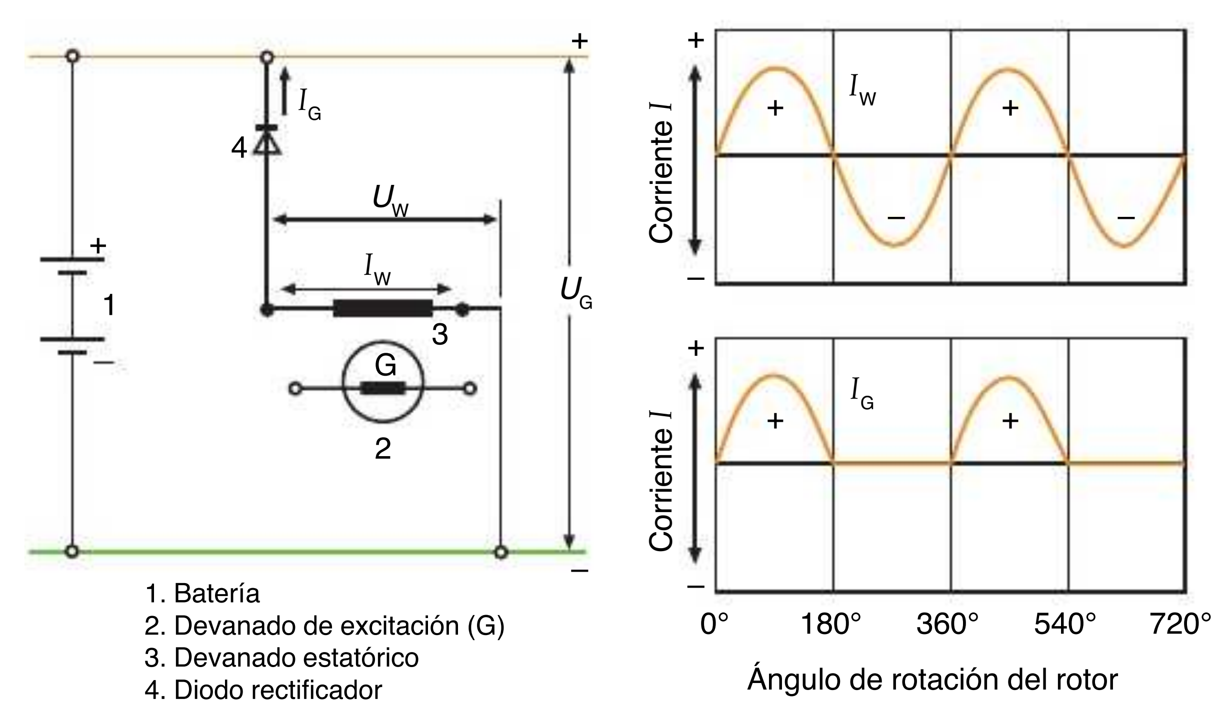
2. Devanado de excitación.

3. Devanado del estator.
4. Diodo rectificador.

La corriente producida por el devanado del estátor es monofásica alterna, como muestra la figura 8.22 (parte superior). La corriente vendrá representada por I_w.

El diodo deja pasar tan solo la parte positiva de la onda de corriente, anulando por tanto la parte negativa, de forma que se genera una corriente continua pulsatoria representada por I_G en la gráfica inferior de la figura 8.22.

La eficacia de este alternador es muy baja, puesto que aprovecha solo la mitad de la corriente que produce.



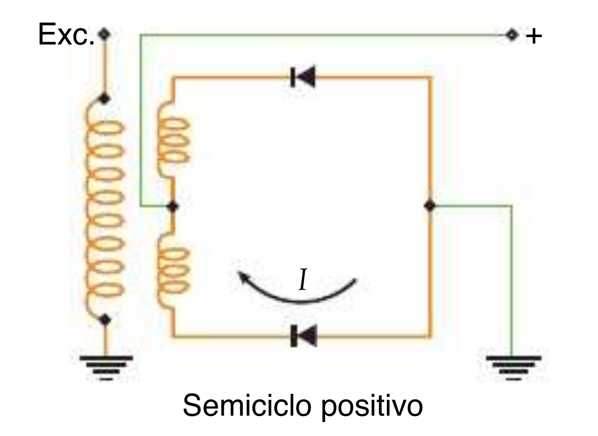
↑ **Figura 8.21.** Alternador elemental.

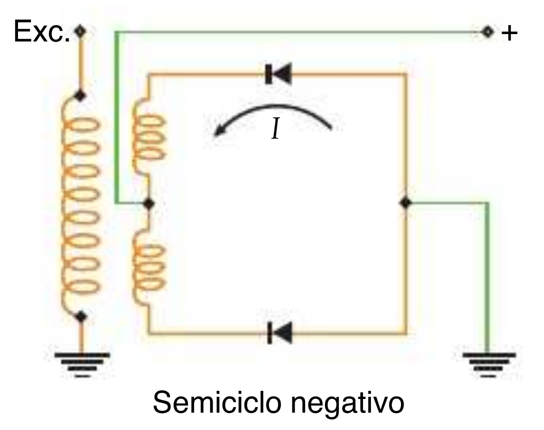
↑ **Figura 8.22.** Rectificación de corriente alterna monofásica. Antes del diodo, tenemos corriente alterna, I_W; después del diodo, la corriente es ahora continua pulsatoria, I_G, pues se han suprimido las semiondas negativas.

4.2. Rectificación en doble onda

En algunos alternadores monofásicos se emplea un sistema compuesto por dos devanados monofásicos colocados en paralelo, con las bobinas de un devanado en sentido contrario a las del otro. En los extremos libres de cada devanado se coloca un diodo como muestra la figura 8.23.

El funcionamiento es similar al estudiado anteriormente. Durante un semiciclo, es un devanado el que envía corriente al borne (+), y en el semiciclo siguiente lo hace el otro.





↑ **Figura 8.23.** Alternador monofásico con rectificación en doble onda.

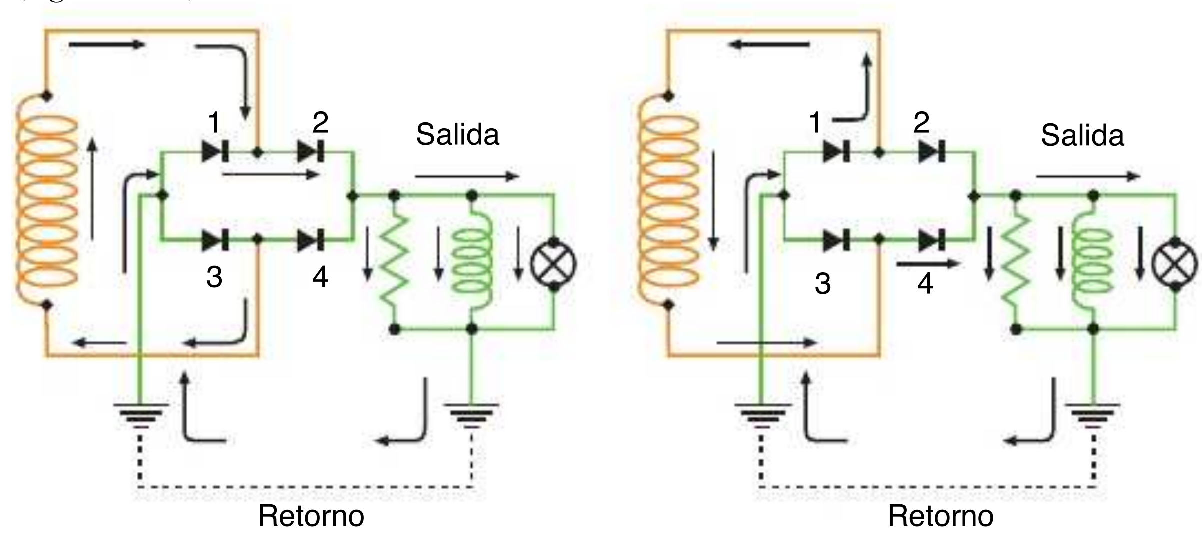


4.3. Rectificación de onda completa

Hemos visto que en los sistemas anteriores se pierde eficacia, debido a que la corriente cambia de sentido constantemente.

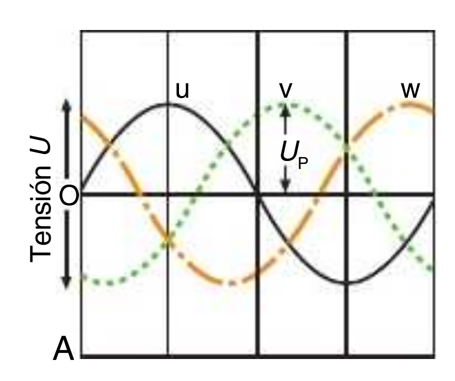
Con el fin de aprovechar tanto la semionda positiva como negativa, se colocan dos diodos, uno positivo y otro negativo, en cada extremo de cada fase. En un alternador monofásico, al tener un devanado con dos terminales, se colocarán cuatro diodos, dos en cada extremo de la bobina inducida (figura 8.24).

En los alternadores trifásicos, ya sean conectados en estrella o en triángulo, tendremos tres terminales de conexión, y en consecuencia se colocarán seis diodos (figura 8.25).

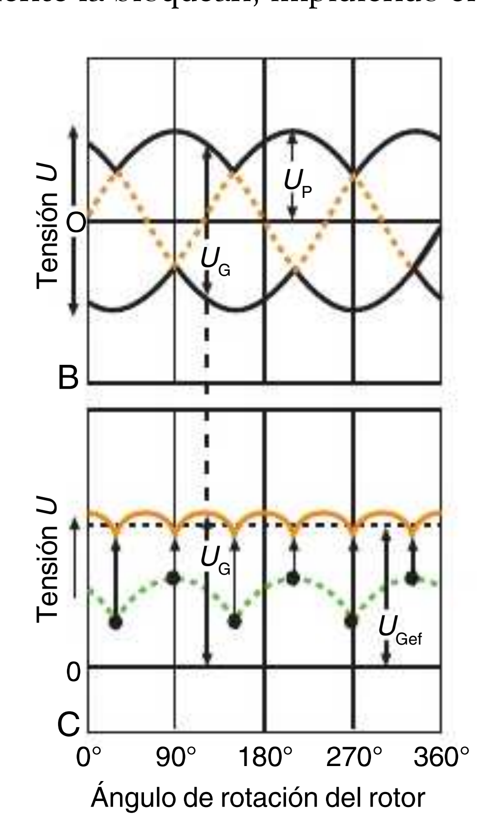


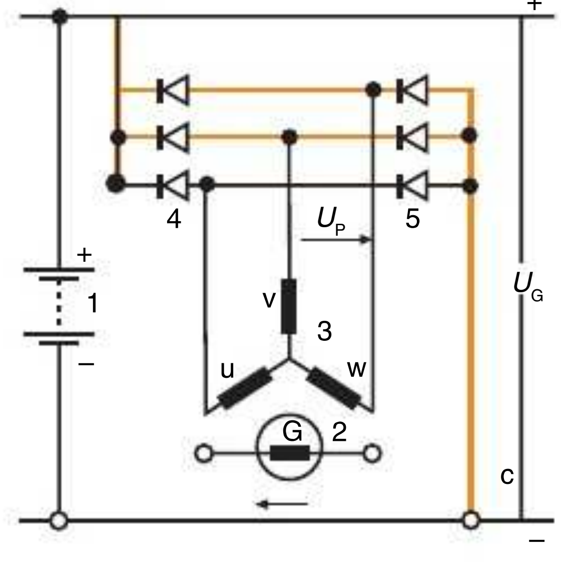
↑ **Figura 8.24.** Alternador monofásico con rectificación de onda completa.

En la figura 8.24, podemos ver cómo trabaja un puente rectificador de cuatro diodos para un alternador monofásico. Cuando la corriente tiene el sentido horario pasa a través del diodo 2, al mismo tiempo que el circuito se cierra a través del diodo 3. En sentido antihorario, la corriente pasa a través del diodo 4, cerrándose el circuito a través del diodo 1. En ambos casos, los diodos que no conducen la corriente la bloquean, impidiendo el paso a través de ellos.



A Tensión alterna trifásica
B Tensión del alternador, formada por las envolventes de las semiondas positivas y negativas
C Tensión del alternador rectificada
U_P Tensión de la fase
U_G Tensión en el rectificador (negativo no conectado a masa)
U_{Gef} Valor eficaz de la tensión continua





1. Batería
2. Devanado de excitación (G)
3. Devanado estatórico
4. Diodos positivos
5. Diodos negativos

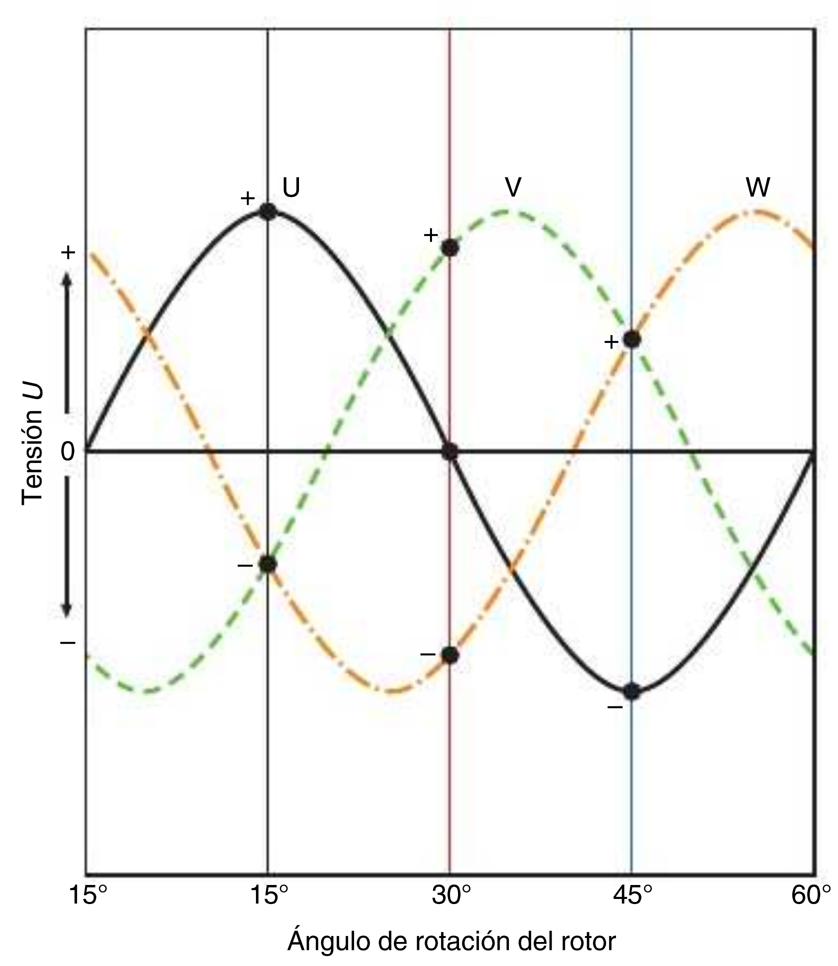
↑ **Figura 8.25.** Conexión de puente de corriente trifásica para la rectificación completa de las semiondas positivas y negativas.

En la figura 8.25, podemos ver el esquema de un alternador trifásico en estrella, con un puente rectificador de seis diodos. La gráfica A representa la tensión alterna en cada una de las fases sin rectificar. En la gráfica B, podemos observar la formación de la corriente alterna tomando las envolventes de las ondas positivas y negativas. La gráfica C representa la corriente como suma de los dos semiciclos, una vez que ha pasado por el puente de diodos (rectificador).

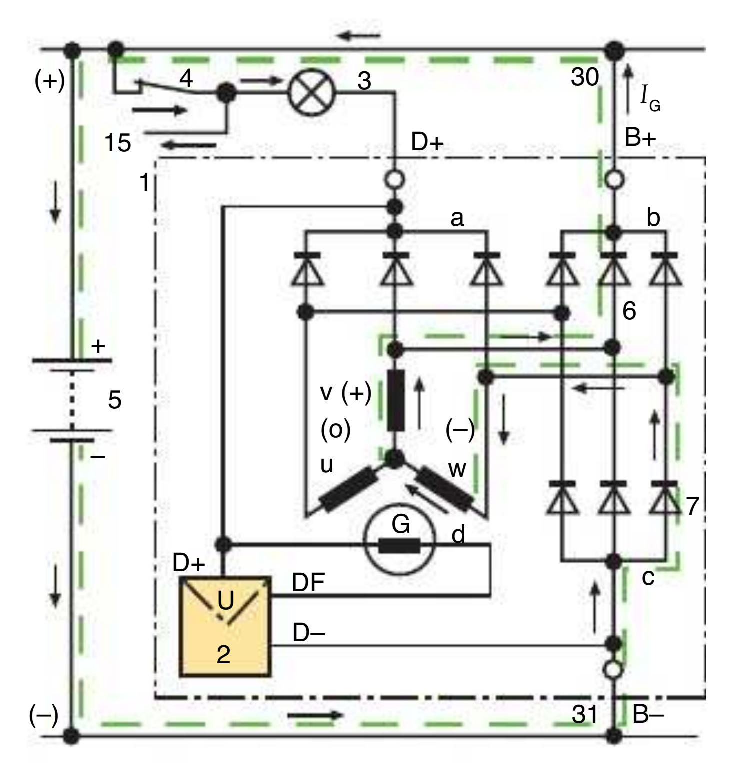
Veamos detalladamente el funcionamiento eléctrico y las variaciones de las tensiones en los devanados del estátor, en función de la posición exacta que se encuentre el giro del rotor. Tomamos como ejemplo un alternador con seis pares de polos y un ángulo de rotación del rotor de 30° (figura 8.26), la tensión respecto al punto neutro de la conexión en estrella es la siguiente:

- Positiva en el extremo «V» del devanado.
- Negativa en el extremo «W».
- Nula en el extremo «U».

El recorrido de la corriente a través del puente de diodos en ese momento puntual de 30° de giro de rotor, línea roja (figura 8.27), la corriente pasa desde el extremo V del devanado por el diodo «6» positivo hasta el borne B+ la corriente retorna a masa por la batería y a través del diodo «7» negativo al devanado W se cierra el circuito eléctrico.



↑ **Figura 8.26.** Variaciones de tensión en los devanados.



Circuito del alternador
1. Alternador
   a) diodos de excitación
   b) diodos de la placa positiva
   c) diodos de la placa negativa
   d) devanado de excitación
2. Regulador
3. Lámpara de control de alternador
4. Interruptor de encendido o marcha
5. Batería

↑ **Figura 8.27.** Recorrido de la corriente a 30° de giro del rotor.

Con ángulo de rotación de 45° (línea azul de la figura 8.26), la corriente fluye desde el devanado «V» y «W» por el mismo recorrido hacia el extremo «U» del devanado, en esta situación no hay ninguna fase sin tensión, las dos situaciones estudiadas a 30° de giro y a 45° son situaciones instantáneas, las tensiones de las fases y las corrientes cambian constantemente de magnitud y sentido, pero la tensión de salida es una corriente rectificada a corriente continua y se mantiene constante para cargar la batería y alimentar los servicios.

5. Funcionamiento del alternador

El devanado del circuito de excitación es alimentado por una corriente que pasa a través de las escobillas y los anillos rozantes. Puesto en rotación, el rotor induce en los devanados del estátor una corriente alterna que precisa ser rectificada por los diodos de potencia. Veamos el proceso con más detalle.

Al conectar el encendido, en primer lugar pasa corriente de la batería a través de la lámpara de control del alternador hacia el devanado de excitación y, desde allí, a través del regulador, hacia masa. En los alternadores con el regulador no incorporado, la corriente pasa primero por el regulador y después por la excitación.

Esta corriente realiza una preexcitación del alternador, necesaria debido a que el magnetismo residual en el núcleo no es suficiente para provocar en el momento del arranque la suficiente autoexcitación como para obtener el campo magnético necesario para producir corriente útil. La autoexcitación tiene lugar cuando el alternador produce como mínimo 1,4 V por fase (figura 8.29).

Debido a la diferencia de tensión entre la batería y el alternador en el momento del arranque, la corriente de preexcitación fluye del polo positivo de la batería al polo positivo del alternador a través de la lámpara de control (de 2 W para instalaciones de 12V y 3W en instalaciones de 24V). Mientras la lámpara permanece encendida, el alternador no produce corriente útil. Cuando el rotor alcanza la suficiente velocidad de giro, la lámpara se apaga, comienza la autoexcitación y el suministro de corriente a los circuitos del vehículo.

Una vez el alternador está autoexcitado, el rotor crea un campo magnético (figura 8.28) lo suficientemente fuerte como para inducir la corriente alterna requerida en los devanados del estátor. Una parte de esta corriente inducida es rectificada por los diodos auxiliares de excitación para llegar, en caso de que el regulador vaya incorporado, al borne DF del regulador y al devanado de excitación, cerrándose el circuito a través del borne D– y los diodos negativos de potencia.

Para reguladores no incorporados, la corriente se hace llegar del borne D+ del alternador al borne D+ del regulador, saliendo por el borne DF camino de la excitación. El circuito se cierra como en el caso anterior (figura 8.29).

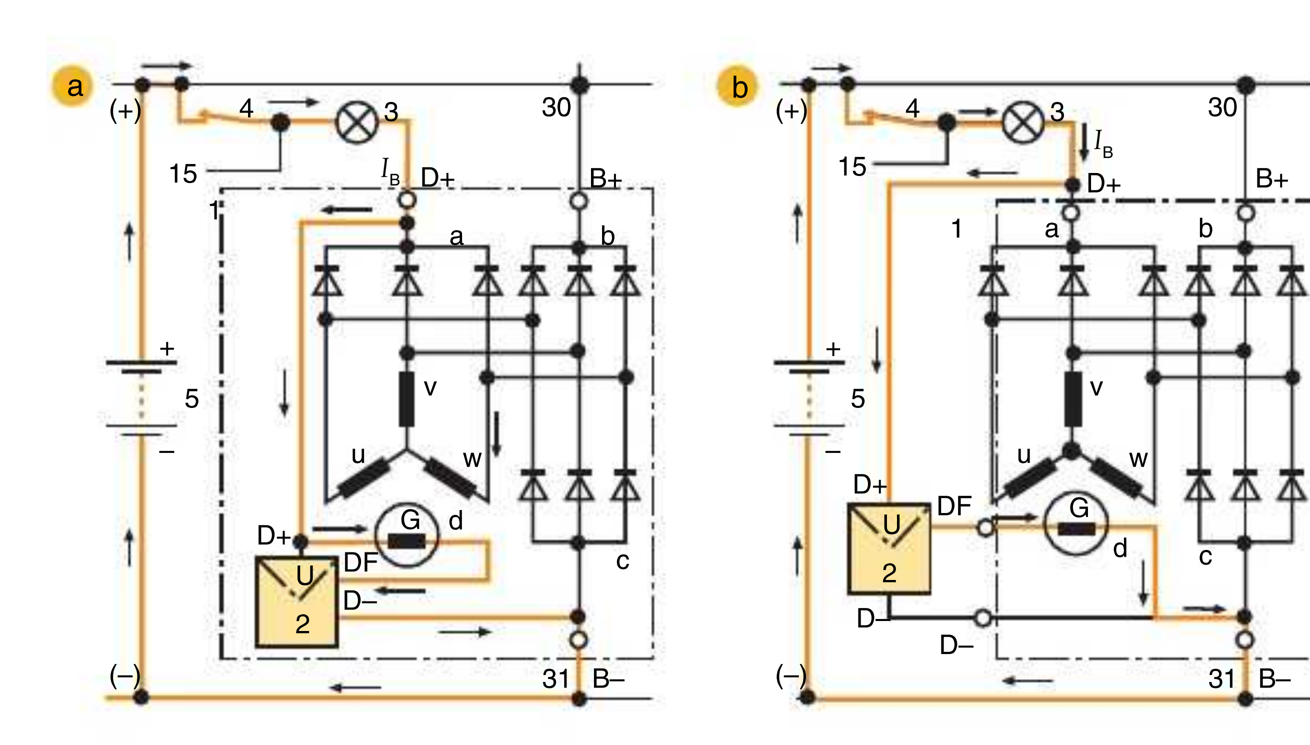
saber más

Borne DF

Este borne informa al módulo de gestión de motor del estado de carga del alternador y, por tanto, de la potencia mecánica que está consumiendo. El módulo ajusta el ralentí del motor para compensar la pérdida de revoluciones que produciría el consumo del alternador.



↑ **Figura 8.28.** Polaridad y campo de líneas de fuerza de un rotor de 12 polos intercalados con regulador para montaje en el alternador. En el caso del regulador para montaje en la carrocería, la polaridad y el campo de líneas de fuerza son justamente inversos.



Izquierda: con regulador para montaje en alternador

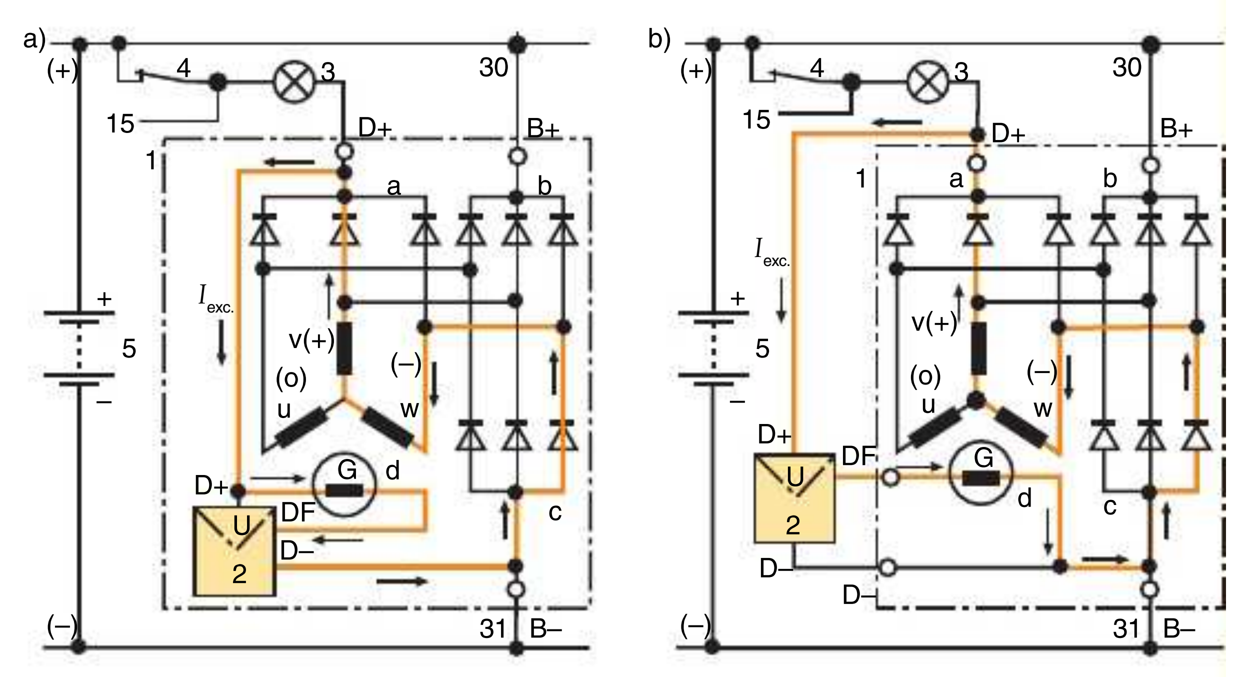
Derecha: con regulador para montaje en carrocería

1. Generador:
   a) diodos de excitación
   b) diodos positivos
   c) diodos negativos
   d) devanado de excitación (campo)
2. Regulador
3. Lámpara de control de alternador
4. Interruptor de encendido o marcha
5. Batería

↑ **Figura 8.29.** a) Circuito de preexcitación con regulador incorporado. b) Circuito de preexcitación con regulador exterior.



Con el alternador funcionando, la corriente de alimentación se suministra desde el propio alternador, la parte principal de la corriente inducida es rectificada por el puente rectificador con diodos de potencia, para ser posteriormente conducida a través del borne B+ del alternador, a la batería y los servicios, regresando por masa B–.



Izquierda: con regulador para montaje en alternador
Derecha: con regulador para montaje en carrocería

1. Generador:
   a) diodos de excitación
   b) diodos positivos
   c) diodos negativos
   d) devanado de excitación (campo)
2. Regulador
3. Lámpara de control de alternador
4. Interruptor de encendido o marcha (borne 15)
5. Batería

↑ **Figura 8.30.** a) Circuito de excitación con regulador incorporado. b) Circuito de excitación con regulador exterior.

6. Características eléctricas del alternador

6.1. Determinación de la fuerza electromotriz producida

Para determinar la f.e.m. producida por el alternador (E_1) procederemos de la siguiente forma: si tomamos un conductor, al pasar frente a él un par de polos inducirá una f.e.m. (senoidal):

$$E_1 = \frac{\Phi}{t}$$

Φ = Flujo magnético

t = tiempo

Como en una vuelta pasan p pares de polos, si el alternador gira a n revoluciones por minuto, la fuerza electromotriz máxima engendrada en un conductor activo (E_2) será:

$$E_2 = \frac{\Phi \cdot n \cdot 2 \cdot p}{60} = 2 \cdot \Phi \cdot f, \quad \text{siendo } f = \frac{n \cdot p}{60}$$

Suponiendo que todos los conductores de cada fase cortan la misma cantidad de flujo en el mismo tiempo, al haber N_f conductores por fase, tendremos que la fuerza electromotriz máxima (E_{mf}) por fase valdrá:

$$E_{máx} = \frac{\Phi \cdot n \cdot N_f \cdot 2 \cdot p}{60} \text{ voltios}$$

Para el cálculo de la f.e.m. supusimos que todos los conductores situados en el estator están unidos en serie, formando un arrollamiento único. Por tanto, la f.e.m. obtenida corresponde a un alternador monofásico.

caso práctico inicial

El alternador montado en el *buggy* es de 14 V y 35 A. de corriente máxima. La potencia máxima es de 490 vatios.



En los alternadores trifásicos, al estar estos formados por tres arrollamientos separados independientes, se puede considerar el sistema como un generador que produce tres fuerzas electromotrices monofásicas cuyo valor máximo por fase será, teniendo en cuenta que el número de conductores inducidos en cada fase es $N_f = N/3$:

$$E_{máx} = \frac{\Phi \cdot n \cdot 2 \cdot p \cdot N}{60 \cdot 3}$$

En estos sistemas trifásicos debe cumplirse siempre que todas las fases tengan el mismo número de conductores en serie, la misma resistencia y producir la misma f.e.m.

Valor de la fuerza electromotriz media (E_{med})

En los alternadores la f.e.m. obtenida a la salida de los arrollamientos, sigue siendo pulsatoria y alterna con valores máximos y mínimos de la onda, el valor de la f.e.m. media (E_{med}) es la media aritmética de cada uno de los valores instantáneos obtenidos en cada onda de la senoide.

$$E_{med} = \frac{2 \cdot E_{max}}{\pi}$$

Fuerza electromotriz eficaz (E_{ef})

La fuerza electromotriz que medimos por medio de un polímetro a la salida de los devanados del alternador, se denomina tensión o f.e.m. eficaz (E_{ef}) y se define en la fórmula siguiente:

$$E_{ef} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}}$$

Aplicando la fórmula tendremos un valor eficaz (E_{ef}) en función del valor medio obtenido por fase:

$$E_{ef} = E_{max}/ \qquad = 1{,}11 \cdot E_{med}$$

6.2. Potencia generada en los alternadores

recuerda

Impedancia

Se llama impedancia, *Z*, de un circuito de corriente alterna, a la resistencia total del mismo, debido a la presencia de resistencias óhmicas, inductivas y capacitivas.

Como se ha estudiado en los temas referidos a los principios de la electricidad, la potencia está definida por: $P = I \cdot E$. En un alternador monofásico, la potencia máxima obtenida está en función de la tensión regulada en bornes y de la resistencia interna del bobinado del estator.

$$P = E^2/R_i$$

En los alternadores trifásicos el estator está formado por tres arrollamientos separados en el estator, formando un sistema de tres corrientes alternas monofásicas del mismo valor eficaz pero desfasadas 120° eléctricos. Los arrollamientos pueden conectarse en estrella o en triangulo (figura 8.20) teniendo cada conexión características eléctricas diferentes en cuanto a la tensión e intensidad así como la resistencia interna resultante, lo que determinará la intensidad máxima.

Para alternador conectado en estrella:

$$E_{ef} = E_f \cdot \qquad ; \; I_t = I_f; \; R_i = 2 \cdot R_f$$

Para alternadores conectados en triángulo:

$$E_{ef} = E_f; \; I_t = I_f \cdot \qquad ; \; R_i = 2/3 \cdot R_f$$

La potencia en bornes de un alternador trifásico (sin regular) es igual independientemente del tipo de conexión, estrella o triangulo: $P = E_f \cdot I_f \cdot$

Sin embargo, para una misma tensión regulada (E_{Tg}) (caso del alternador montado en los vehículos), las características de ambos difieren. Si la conexión es en estrella, al ser mayor la f.e.m. eficaz obtenida, la tensión de regulación se alcanza antes, es decir, a menos revoluciones; sin embargo, admiten una potencia máxima menor. En la conexión en estrella la resistencia interna $R_i = 2 \cdot R_f$; siendo R_f la resistencia de cada fase.

$$P_{máx} = \frac{E_{Tg}^2}{R_i} = \frac{E_{Tg}^2}{2 \cdot R_f}$$

Si la conexión del alternador es en triángulo, con una misma tensión de regulación, la corriente obtenida es mucho mayor, por lo que la potencia máxima también lo es. En la conexión en estrella la resistencia interna $R_i = 2/3 \cdot R_f$

$$P_{máx} = \frac{E_{Tg}^2}{R_i} = \frac{E_{Tg}^2}{2/3 \cdot R_f} = \frac{3 \cdot E_{Tg}^2}{2 \cdot R_f}$$

EJEMPLOS

■ En un alternador monofásico dodecapolar ($2p = 12$), girando a 1.750 r.p.m. y sabiendo que las masas polares emiten un flujo de 18.000 maxwelios sobre los 350 conductores situados en el estator: a) ¿Cuál será la f.e.m. generada? b) ¿Cuál será el valor eficaz de la f.e.m. obtenida? c) ¿Cuál será la f.e.m. generada, suponiendo que los conductores están situados en el estator de un sistema trifásico?

Solución:

a) $E_{máx} = \frac{\Phi \cdot n \cdot N_f \cdot 2 \cdot p}{60 \cdot 10^8} = \frac{18.000 \cdot 1.750 \cdot 348 \cdot 12}{60 \cdot 10^8} = 21{,}924 \text{ V}$

Señalaremos que 1 weber = 10^8 maxwell

b)

c) $N_f = \frac{N}{3} = \frac{348}{3} = 116$ conductores

$$E_{máx} = \frac{\Phi \cdot n \cdot N_f \cdot 2 \cdot p}{60 \cdot 10^8} = \frac{18.000 \cdot 1.750 \cdot 116 \cdot 12}{60 \cdot 10^8} = 7{,}308 \text{ V}$$

■ Un alternador monofásico, con un solo arrollamiento situado en el estator, está formado por 540 conductores inducidos y un rotor inductor octopolar ($2p = 8$). Calcular:

a) El flujo que emite sabiendo que la f.e.m. generada por la máquina 1.500 r.p.m. es de 12,96 V.

b) La f.e.m. eficaz obtenida en bornes a esas revoluciones.

Solución:

a) $\Phi = \frac{E_{máx} \cdot 60 \cdot 10^8}{n \cdot N_f \cdot 2 \cdot p} = \frac{12{,}96 \cdot 60 \cdot 10^8}{1.500 \cdot 540 \cdot 8} = 12.000$ maxwelios

b)

EJEMPLO

■ Calcular la potencia máxima obtenida al conectar los devanados del estátor en estrella o en triángulo de un alternador, sabiendo que la tensión de regulación en bornes es de 13,5 V. La resistencia por fase es de 0,3 Ω.

Solución:

La potencia alcanzada en estrella es:

$$P_{máx.} = \frac{E_{Tg}^2}{R_i} = \frac{E_{Tg}^2}{2 \cdot R_f} = \frac{13{,}5^2}{2 \cdot 0{,}3} = 303{,}75 \text{ W}$$

Si la conexión es triángulo, la potencia es:

$$P_{máx.} = \frac{E_{Tg}^2}{R_i} = \frac{E_{Tg}^2}{2/3 \cdot R_f} = \frac{3 \cdot E_{Tg}^2}{2 \cdot R_f} = \frac{3 \cdot 13{,}5^2}{2 \cdot 0{,}3} = 911{,}25 \text{ W}$$

7. Verificaciones del alternador

7.1. Comprobación del funcionamiento sobre el vehículo

Antes de desmontar el alternador del vehículo, se deben realizar las siguientes pruebas para comprobar el funcionamiento:

- Comprobar que la batería se encuentra completamente cargada.
- Colocar un voltímetro entre el borne salida de corriente B+ y masa. En caso de que el alternador esté aislado de masa, colocar el voltímetro entre el borne B+ y B–, también se puede medir la tensión de carga en los bornes de la batería.
- Desconectar el borne B+ del alternador e intercalar un amperímetro de escala adecuada entre la salida de corriente del alternador y la batería. Se puede comprobar sin necesidad de quitar el cable que une el alternador con la batería por medio de una pinza amperimétrica y un multímetro.
- Accionar la llave de contacto sin arrancar el motor del vehículo. La luz de control debe encenderse; de no ser así, es síntoma de avería.
- Con los servicios desconectados, arrancar el motor y ponerlo al ralentí. La luz debe apagarse, de no ser así, acelerar un poco el motor y observar que se apaga.

  En vehículos sin luz de control, acelerar hasta que el amperímetro indique carga. Si la luz permanece encendida o el amperímetro no marca carga, es señal de avería. Leer la tensión medida por el voltímetro entre el borne B+ y masa; esta deberá ser, según el modelo, entre 13,8 y 15,2 V para instalaciones de 12 V (figura 8.31).
- Acelerar lentamente el motor del vehículo y observar si la lectura sobre el voltímetro permanece constante, lo cual indica que el regulador funciona correctamente.

  De lo contrario, si aumenta la tensión con el aumento de revoluciones, deberá pararse, ya que el regulador trabaja defectuosamente.

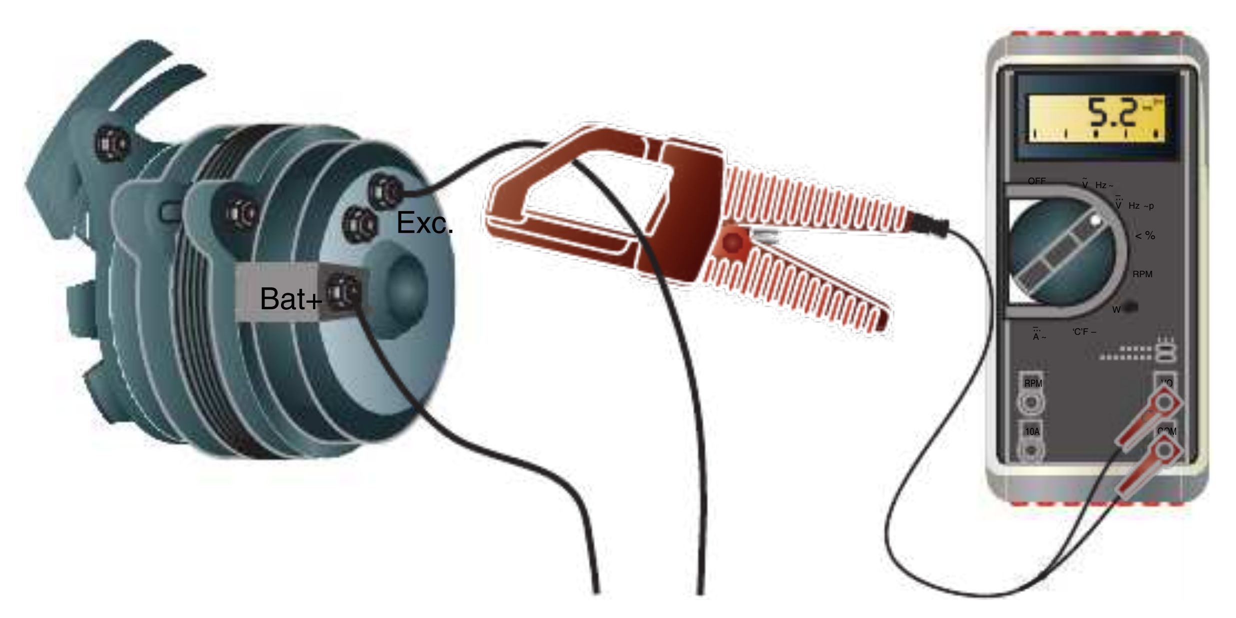


↑ **Figura 8.31.** Tensión de carga del alternador de 12V.

- Parar el motor del vehículo y descargar un poco el acumulador encendiendo las luces y accesorios del vehículo de tres a cinco minutos. Arrancar y acelerar el motor, para comprobar que el alternador carga la batería. El amperímetro tiene que marcar la intensidad prescrita para cada modelo de alternador (15-20 A).

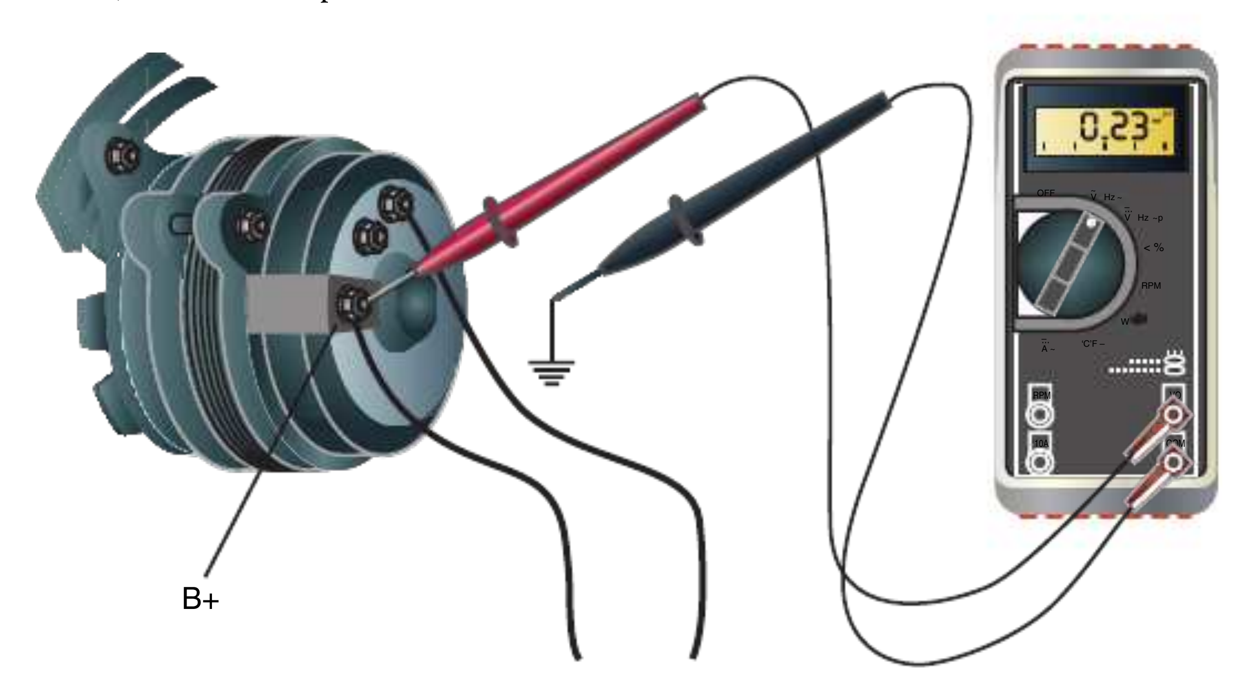
Con la ayuda de un multímetro y una pinza amperimétrica, sin desmontar el alternador del vehículo, podemos realizar las siguientes comprobaciones:

- **Comprobación de la corriente de excitación.** Las escobillas gastadas limitan la corriente de excitación, lo que provoca que la salida de corriente del alternador sea baja. Para realizar la comprobación es necesario que el regulador no se encuentre incorporado en el alternador. Se coloca la pinza amperimétrica sobre el cable de excitación (figura 8.32) y se acelera el motor hasta alcanzar 2.000 r.p.m. (el multímetro debe marcar entre 3 y 7 A).



↑ **Figura 8.32.** Comprobar la corriente de excitación del alternador.

- **Comprobación de la tensión de rizado.** Para medir el rizado de la corriente de salida del alternador, se ajusta el multímetro para medir corrientes alternas (AC), escala de voltaje. Se conecta la punta roja de pruebas a la salida del alternador B+ y la negra a una buena masa (figura 8.33). Las lecturas superiores a 0,5 V indican que los diodos están en mal estado.



↑ **Figura 8.33.** Comprobación de la tensión de rizado.



Corriente de fuga del alternador. Para comprobar la corriente de fuga de los diodos de potencia, se debe ajustar el multímetro en la posición amperios con el motor del vehículo parado y la batería desconectada. Intercalar el multímetro entre el borne B+ y el terminal de conexión según la figura 8.34. La corriente de fuga debe ser como máximo de 2 mA, aunque normalmente es de 0,5 mA.



↑ **Figura 8.34.** Comprobación de la corriente de fuga de los diodos del alternador.

7.2. Comprobaciones de piezas y conjuntos desmontados

Es completamente necesario que antes de proceder a la comprobación de las piezas y conjuntos se realice una limpieza escrupulosa de estos, eliminando todo resto de grasa, polvo, barro, etc., adherido a los mismos.

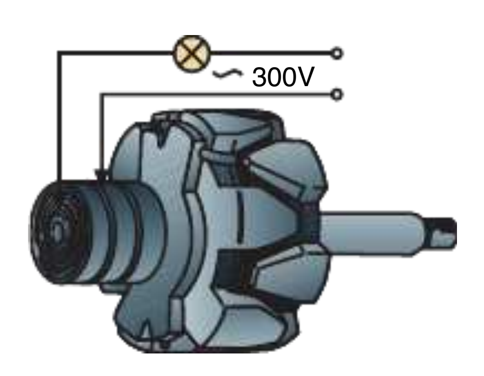
Las comprobaciones serán: visuales, mecánicas y eléctricas.



↑ **Figura 8.35.** Repaso de los anillos rozantes con un pliego de lija.



↑ **Figura 8.36.** Repaso de anillos rozantes en el torno.



↑ **Figura 8.37.** Comprobación del aislamiento.

Comprobaciones del rotor

- **Visuales y mecánicas.** Al verificar el rotor, se observará si las muñequillas del eje y los colectores de flujo se encuentran en buen estado. No tendrán señales de uso excesivo, ni rayas, grietas, golpes o signos de oxidación. La superficie de los anillos rozantes debe presentar buen aspecto y no tener rayas o grietas.

  Si la superficie de los anillos tuviera señales de chisporroteo y un pequeño desgaste, se puede repasar con un pliego de lija (figura 8.35). Si el desgaste es excesivo o de aspecto rugoso, se procede a su mecanizado en el torno (figura 8.36).

  La excentricidad máxima no debe sobrepasar los 0,05 mm y el diámetro mínimo no debe ser inferior al indicado por el fabricante, según el modelo (suelen permitir una disminución de 1 mm en diámetro sobre el original).

- **Eléctricas.** Comprobación de aislamiento a masa. Esta comprobación la realizaremos utilizando una lámpara serie de 15 W a 230 V, o un comprobador de aislamiento (figura 8.37). Colocando la lámpara serie según muestra la figura, comprobaremos el aislamiento a masa entre un anillo rozante y el eje.

  En caso de derivación, es preciso cambiar el rotor.


↑ **Figura 8.38.** Medida de la resistencia del bobinado.

Comprobación de la resistencia entre anillos rozantes. Por medio de un multímetro en función óhmetro, mediremos la resistencia entre ambos anillos. El valor medido debe estar entre los indicados en la ficha de características (entre 2 y 7 ohmios en modelos de 12 V, figura 8.38).

Si la lectura obtenida es menor que la requerida, existe un cortocircuito entre espiras.

En caso de que la resistencia sea superior a la indicada en el cuadro de características, hay una conexión defectuosa en el interior del rotor o una soldadura deficiente en los anillos rozantes.

Si el equipo de medida marca infinito, significa que la bobina del rotor está cortada; es decir, se encuentra en circuito abierto.

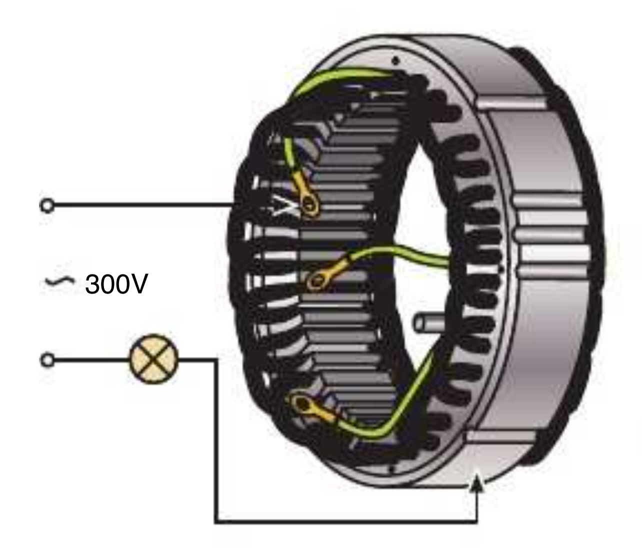
En cualquiera de los casos estudiados deberemos proceder al cambio del rotor.

Comprobaciones del estátor

- **Visuales y mecánicas.** Comprobaremos el buen estado en general del conjunto formado por el cuerpo del estátor y las bobinas inducidas. Los arrollamientos se deberán encontrar en buen estado, sin presentar deformaciones ni deterioros en el aislamiento.
- **Eléctricas.** Comprobación del aislamiento a masa. Para esta comprobación se utiliza una lámpara serie de 15 W a 230 V o un comprobador de aislamiento (figura 8.39).

Se coloca la lámpara serie según muestra la figura y se comprueba el aislamiento entre cada uno de los terminales de las fases y masa.

Comprobación de la resistencia del bobinado de una fase: la resistencia se mide entre una salida y el punto común de las tres fases (figura 8.40) de la conexión en estrella. La resistencia óhmica es muy pequeña, del orden de 0,18 a 0,5 **Ω**.



↑ **Figura 8.39.** Comprobación del aislamiento de las bobinas del estátor.


↑ **Figura 8.40.** Medida de la resistencia interna de una bobina.

Comprobaciones de los diodos

Como ya hemos visto, los diodos pueden ir colocados de forma independiente anclados en armaduras, formando un puente rectificador o bien como puente rectificador compacto, con los diodos integrados y sin posibilidad de sustitución independiente de los mismos. Las pruebas se realizarán siempre con el diodo montado en su soporte. Los diodos y puentes rectificadores tienen que estar desconectados del estátor para realizar las comprobaciones.


↑ **Figura 8.41.** Función diodos en el polímetro.

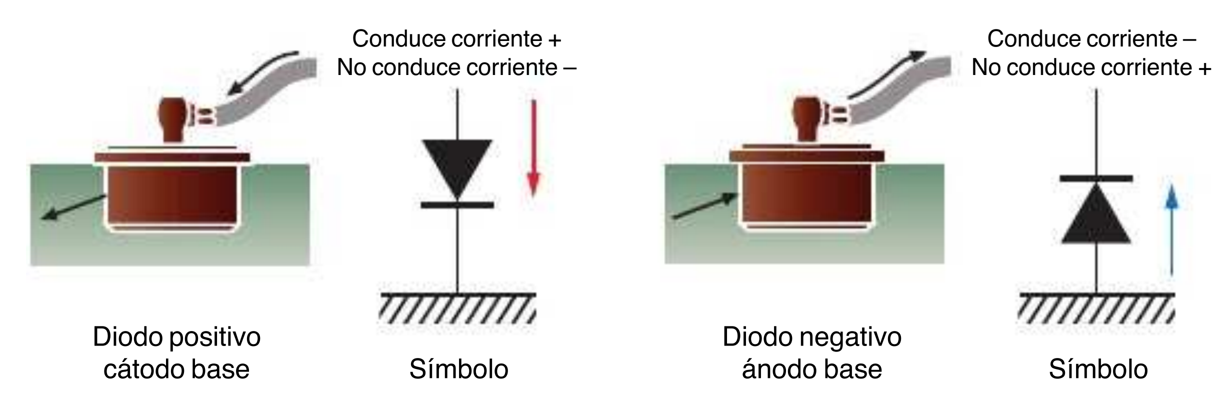


Los diodos independientes se comprueban de forma sencilla por medio de un multímetro con función propia para diodos (figura 8.41) o con función continuidad con señal acústica. Otra forma de comprobación es por medio de una punta de prueba (luminosa) y una fuente de alimentación de corriente continua (batería).

Conectando el borne negativo de la fuente al soporte, con la punta de pruebas conectada al borne positivo, iremos haciendo contacto en los terminales aislados de los diodos y la lámpara deberá encenderse. En caso de diodos cátodo base, si permanece apagada, el diodo está en circuito abierto. Invirtiendo las conexiones, es decir, borne positivo al soporte y el borne negativo a la punta de pruebas, la lámpara debe permanecer apagada al conectar la punta de pruebas a los terminales de los diodos. En este caso, si la lámpara se enciende el diodo está en cortocircuito. En caso de funcionamiento incorrecto hay que cambiar el diodo, o bien el soporte completo si los diodos son indesmontables.

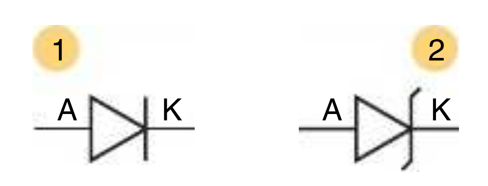
El procedimiento para comprobar los diodos tipo ánodo base es similar al indicado anteriormente, con los efectos luminosos justo al contrario.

Si la comprobación la realizamos por medio de un polímetro con señal acústica, el método es similar, cambiando la señal luminosa por sonora (figura 8.42).



↑ **Figura 8.42.** Diodos cátodo y ánodo base.

Comprobación de puente rectificador



↑ **Figura 8.43.** 1. Diodo silicio. 2. Diodo Zener.

La pieza fundamental del puente rectificador es el diodo. Actualmente se emplean dos tipos de diodos, diodos de silicio y diodos Zener.

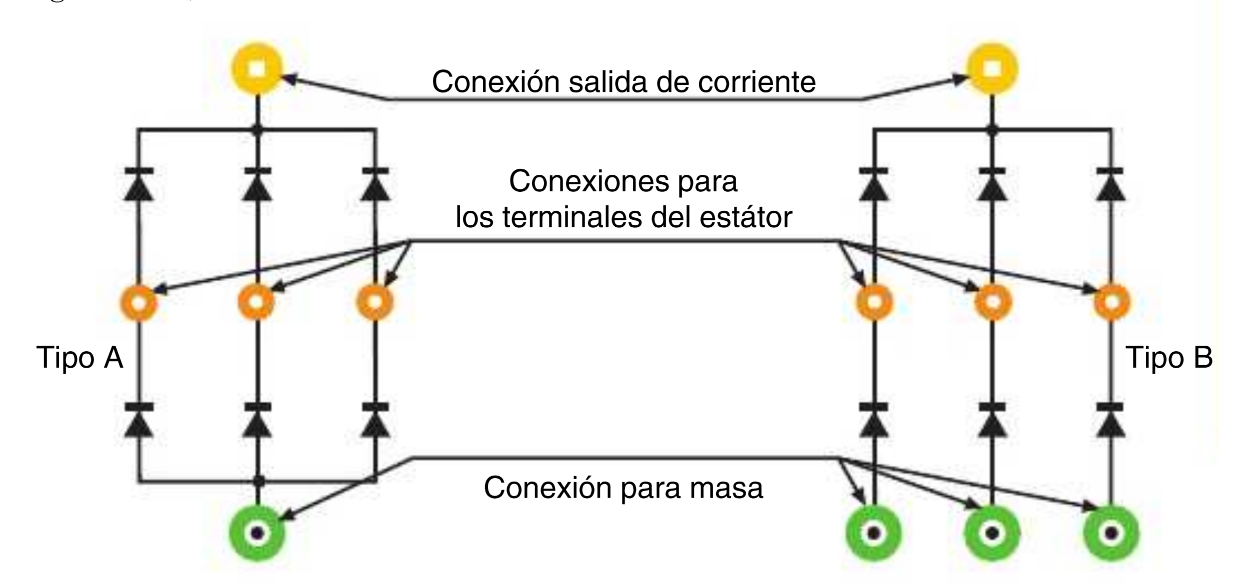
La característica de ambos diodos, si se polarizan directamente, es que permiten el paso de la corriente del ánodo al cátodo (V+ I+), por lo tanto, un diodo Zener se comporta como un diodo normal de silicio.

Si se polarizan inversamente, al principio no pasa corriente del cátodo al ánodo hasta el valor VZ (tensión Zener). A partir del valor VZ , el diodo normal se destruye pero el diodo zener sigue funcionando con normalidad ya que su resistencia, en estas condiciones, disminuye drásticamente. Por lo tanto el diodo Zener es un diodo que estabiliza la tensión. En los automóviles se utiliza con tensiones de 4,7 a 24 voltios. En el grupo de regulación es uno de los componentes más importantes.

Los puentes rectificadores incorporan seis (hexadiodo) o nueve diodos (nanodiodo). Para su comprobación, una vez desconectado de los devanados del estátor, utilizaremos los mismos elementos que en el caso anterior, es decir, una fuente de corriente continua y una punta de pruebas o un polímetro.

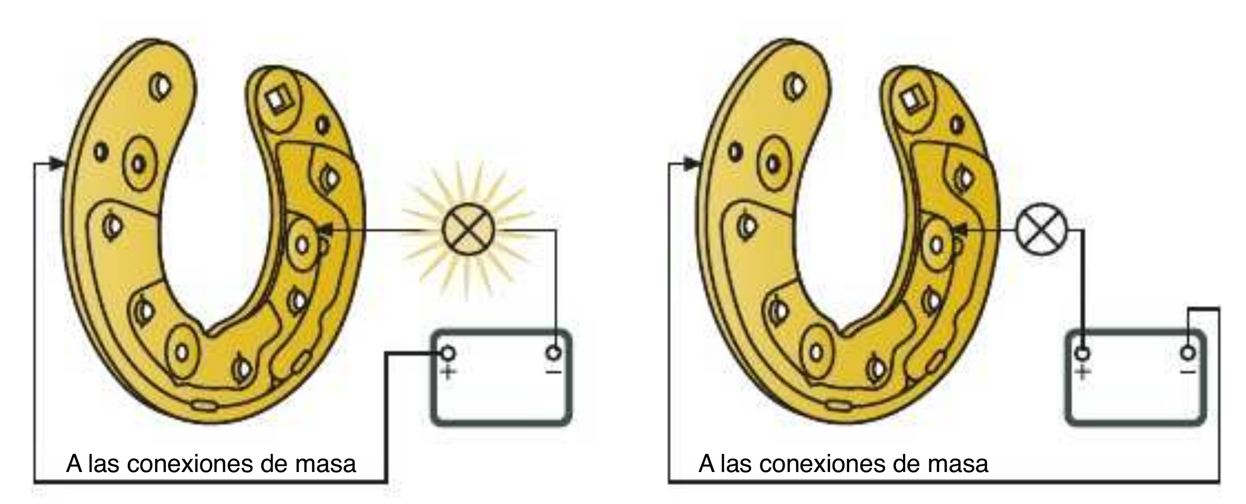
Verificación del puente hexadiodo

Dependiendo del tipo de puente tendrá una o tres masas independientes (A o B, figura 8.44).



↑ **Figura 8.44.** Puente rectificador hexadiodo.

Comenzaremos comprobando los tres diodos inferiores del esquema representado en la figura 8.44, diodos ánodo base a masa. Conectaremos el borne positivo de la fuente a la conexión de masa, y el borne negativo de la lámpara de pruebas haremos contacto en cada una de las conexiones para los terminales del estátor, con lo que la lámpara deberá permanecer encendida (figura 8.45 a). Los diodos permiten el paso de corriente positiva en este sentido.



↑ **Figura 8.45.** a) Comprobar diodos ánodo base. b) Cambiando la polaridad la lámpara no luce.

Invirtiendo las conexiones figura 8.45 b negativo a masa y positivo a conexiones del estator, la lámpara permanece apagada, los diodos no conducen.

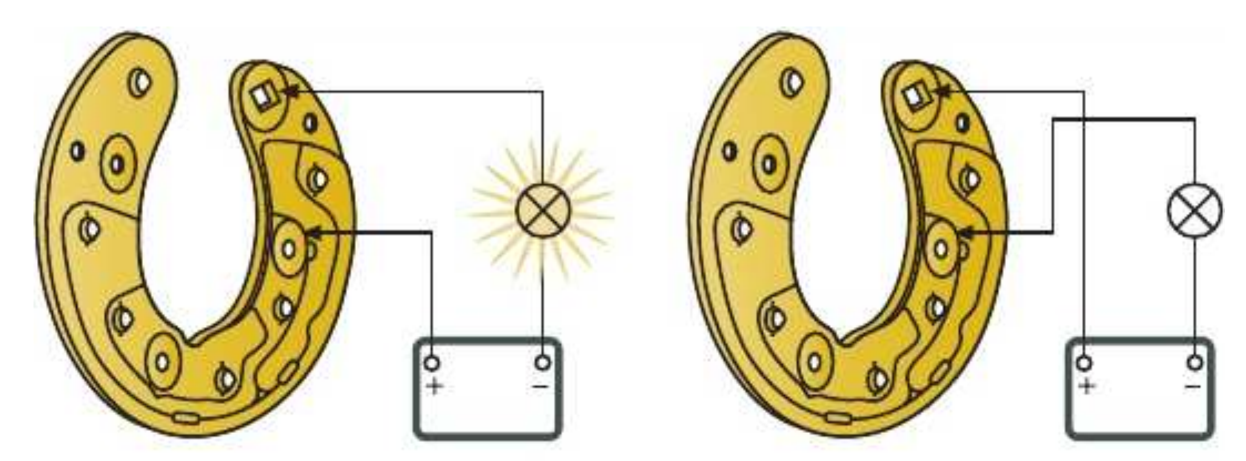
Para comprobar los tres diodos de la parte superior, procederemos a conectar el borne positivo de la fuente a las zonas de conexión para los terminales del estator (figura 8.46 a) y el borne negativo a la lámpara de pruebas. Con la lámpara de pruebas, hacer contacto en la conexión salida de corriente, con lo que la lámpara debe encenderse. La conexión positiva se debe cambiar a cada punto de conexión del estátor con el puente rectificador, si la lámpara no se encendiera, significa que un diodo está en mal estado y se tiene que sustituir el puente completo.

Invertir las polaridades de las conexiones de la lámpara de pruebas con la fuente de alimentación y realizar las anteriores pruebas. En este caso, la lámpara debe permanecer apagada, de lo contrario significa que un diodo está en mal estado y se tiene que sustituir el puente completo.

caso práctico inicial

El alternador del *buggy* es antiguo y no dispone de diodos Zener.

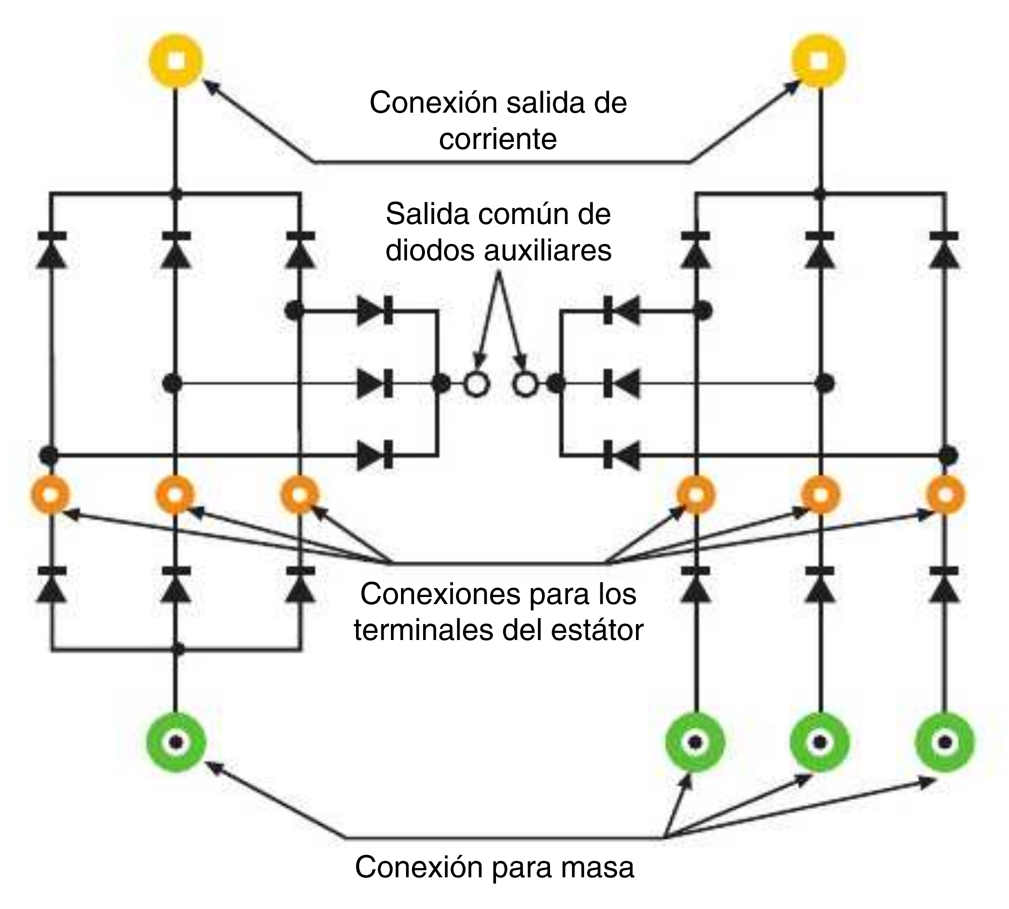




↑ **Figura 8.46.** a) Comprobando diodos de salida de corriente. b) Al invertir el sentido de la corriente la luz no luce.

Verificación del puente nanodiodo

El esquema de la figura 8.46 representa un puente nanodiodo. Como se puede apreciar, es similar al estudiado anteriormente, añadiendo otros tres diodos auxiliares. Las comprobaciones son las mismas que las descritas anteriormente, comprobando además los diodos auxiliares.



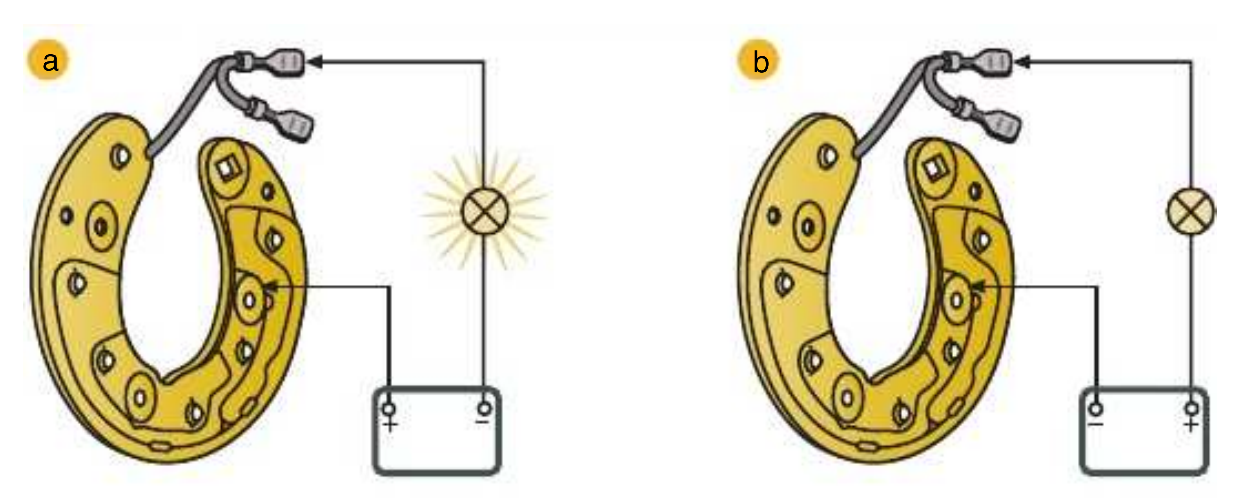
↑ **Figura 8.47.** Puente de nueve diodos.

Conectar el borne positivo de la fuente de alimentación a cada una de las conexiones para los terminales de las bobinas inducidas y la lámpara de pruebas al borne negativo.

Con la lámpara de pruebas, hacer contacto en la salida común de los diodos auxiliares (figura 8.48 a). La lámpara debe encenderse.

Invertir las polaridades de las conexiones según muestra la figura 8.48 b.

La lámpara debe quedar apagada. Un comportamiento diferente del previsto indica defecto en algún diodo por lo que se tiene que sustituir el puente completo.



↑ **Figura 8.48.** Comprobación de diodos auxiliares.

Comprobación de las tapas soporte y escobillas

Comprobar el estado y el engrase de los rodamientos (deben girar suavemente, sin saltos y sin juego axial). Los rodamientos del alternador alcanzan las 20.000 r.p.m. El rodamiento más empleado es el de una hilera de bolas, disponen de lubricación interna y se encuentran sellados por las dos caras, la falta de lubricación y la tensión excesiva de la correa provocan el gripaje del rodamiento.

Al desmontar el alternador, y posteriormente antes del proceso de montaje, se observará el desgaste y estado de las arandelas elásticas.

Las escobillas suelen desgastarse poco. Sin embargo, si alcanzan una longitud inferior a 10 mm, deberá sustituirse el portaescobillas. Comprobar que las escobillas se asientan perfectamente sobre los anillos rozantes y que se deslizan bien por el alojamiento del portaescobillas.

Se comprobará el aislamiento entre ambas escobillas y entre estas y masa. Se debe verificar además la continuidad entre los terminales y las escobillas.

7.3. Pruebas sobre el banco

En la realización de las pruebas sobre el banco, se deben reproducir unas condiciones de amarre y trabajo similares a las del vehículo. Para ello, hay que montar el alternador al banco sobre un soporte en V (figura 8.49) y sujetarlo por medio de una horquilla sobre la carcasa, o bien directamente atornillar la tapa de accionamiento al soporte del banco.





↑ **Figura 8.49.** a) Fijación del alternador en el banco. b) Alternador con regulador incorporado.





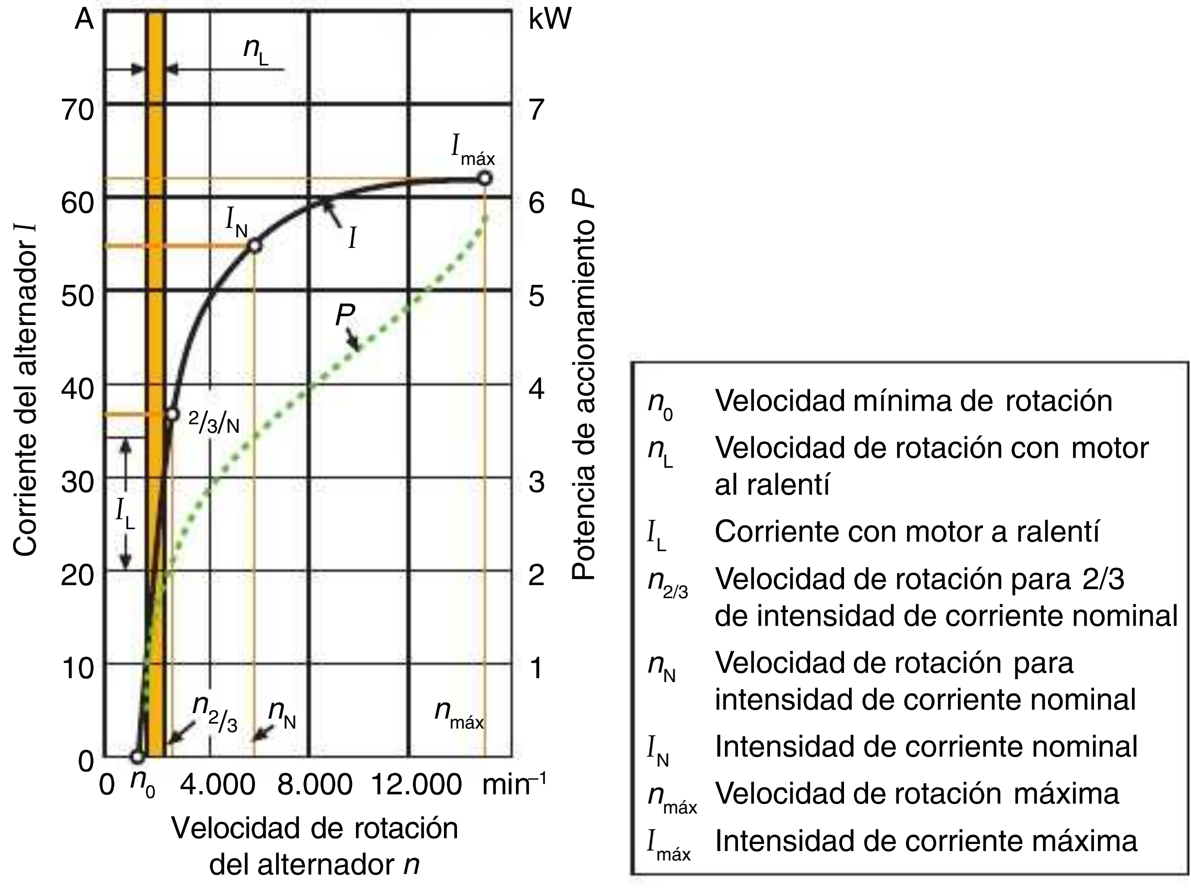
Al realizar estas pruebas, tenemos que diferenciar entre dos tipos de alternadores: alternadores convencionales, en los que el regulador no forma parte del alternador y las pruebas se pueden hacer en el alternador y el regulador por separado; y alternadores con regulador electrónico incorporado (figura 8.49 b) en los cuales no se debe desconectar el regulador del alternador para realizar las pruebas.

Alternadores convencionales

La prueba a realizar es la obtención de la curva característica (intensidad-r.p.m.) del alternador (figura 8.50).

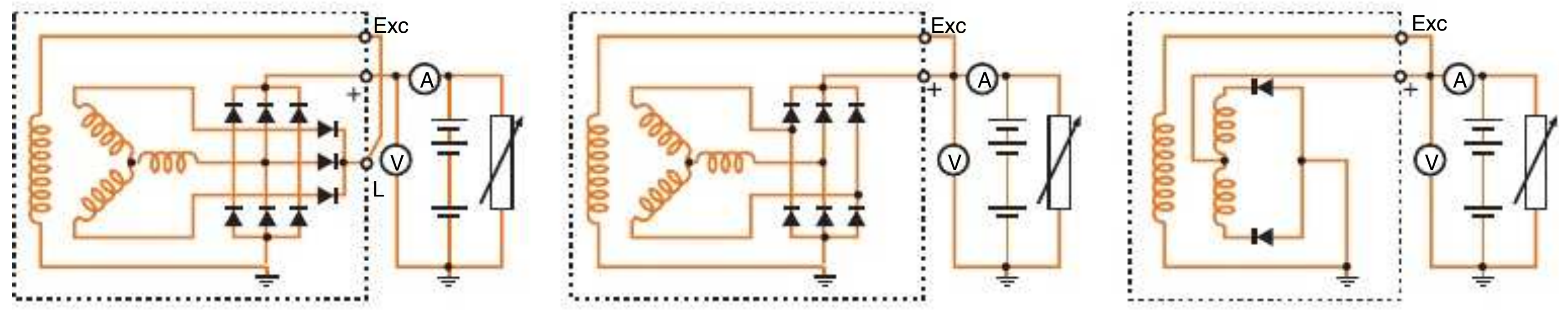
Al conectar el alternador al banco se deben efectuar las conexiones oportunas para que trabaje autoexcitado según las especificaciones concretas de cada modelo (figura 8.51).

Poner en marcha el banco y hacer girar el alternador a diferentes r.p.m. comprobando en cada instante la intensidad marcada por el amperímetro del banco, hasta alcanzar la velocidad máxima indicada por el fabricante.



↑ **Figura 8.50.** Curvas características de un alternador.

La prueba se tiene que realizar a tensión constante, propia de cada modelo (de 13,5 a 14 V para alternadores de 12 V), para lo cual se carga la batería del banco con una resistencia variable en paralelo (reóstato del banco).



↑ **Figura 8.51.** Esquemas de conexión de alternadores en banco.

Alternadores con regulador electrónico incorporado

Las pruebas a realizar en estos alternadores son:

- Prueba de funcionamiento del regulador.
- Curva característica del alternador.

Es de suma importancia no realizar ningún conexionado que no esté indicado en el manual del fabricante, pues de lo contrario el regulador puede deteriorarse.

- **Prueba de funcionamiento del regulador**

  Los alternadores con regulador electrónico, básicamente, atienden a las siguientes configuraciones:

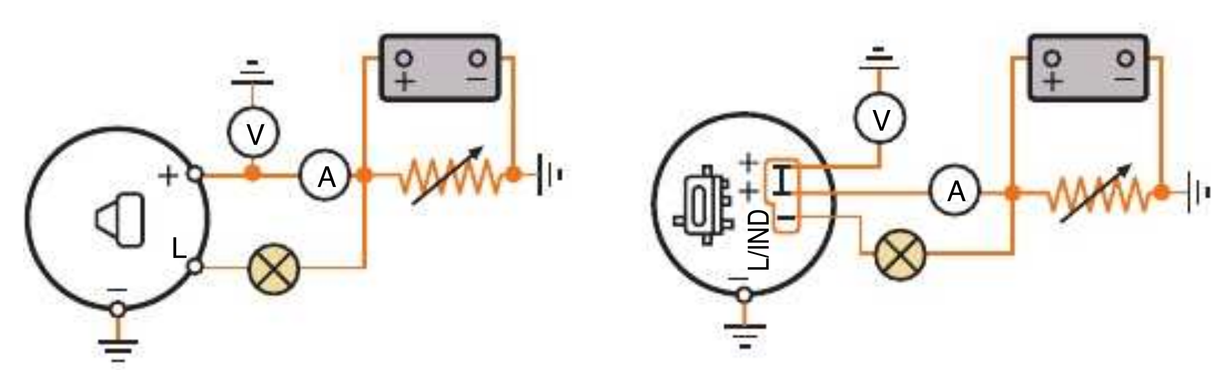
  a) Alternadores con conexión para lámpara de control y negativo a masa

  – Conectar el alternador al banco según la figura 8.52, dependiendo del modelo, intercalando una lámpara de 2 o 3 W y seleccionar la salida de batería a 12 o 24 V dependiendo de la tensión nominal del alternador.

  – Subir de vueltas el banco hasta alcanzar las 4.000 r.p.m., comprobando que previamente se apaga la luz de control a las revoluciones de comienzo de carga de 1.000 a 1.500 r.p.m. según modelos.

  – Manteniendo las revoluciones anteriormente indicadas, accionar el reóstato hasta que el amperímetro del banco marque 5 A. En estas condiciones el regulador tiene que marcar la tensión regulada 14,1 V para una tensión nominal de 12 V o 28,2 V para 24 V.

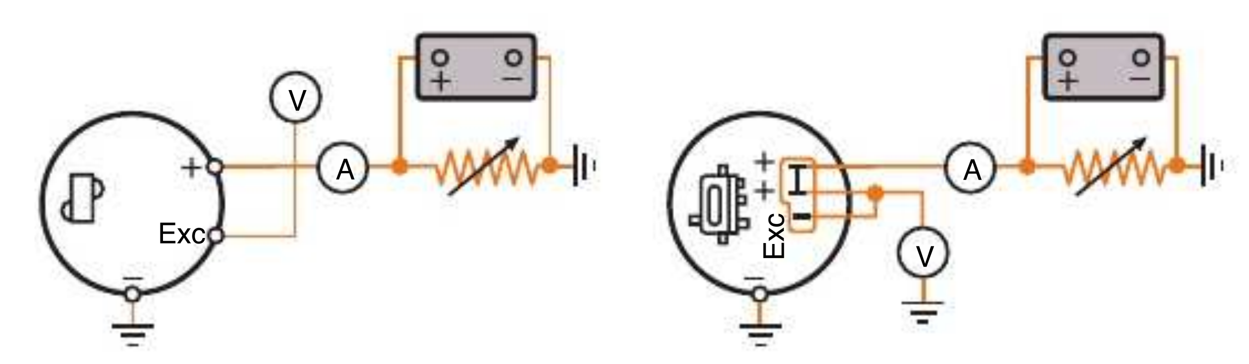
  – Si las baterías del banco están descargadas, la intensidad de corriente es superior a la de prueba. En tal caso desconectar estas y dejar solo el reóstato, regulándolo hasta conseguir la intensidad de prueba. La tensión en estas condiciones podrá ser 0,5 V superior a la de regulación.



↑ **Figura 8.52.** Conexión del alternador con lámpara de control.

  – Conectar el alternador al banco realizando las conexiones indicadas en la figura 8.53.

- Seguir el procedimiento descrito anteriormente.



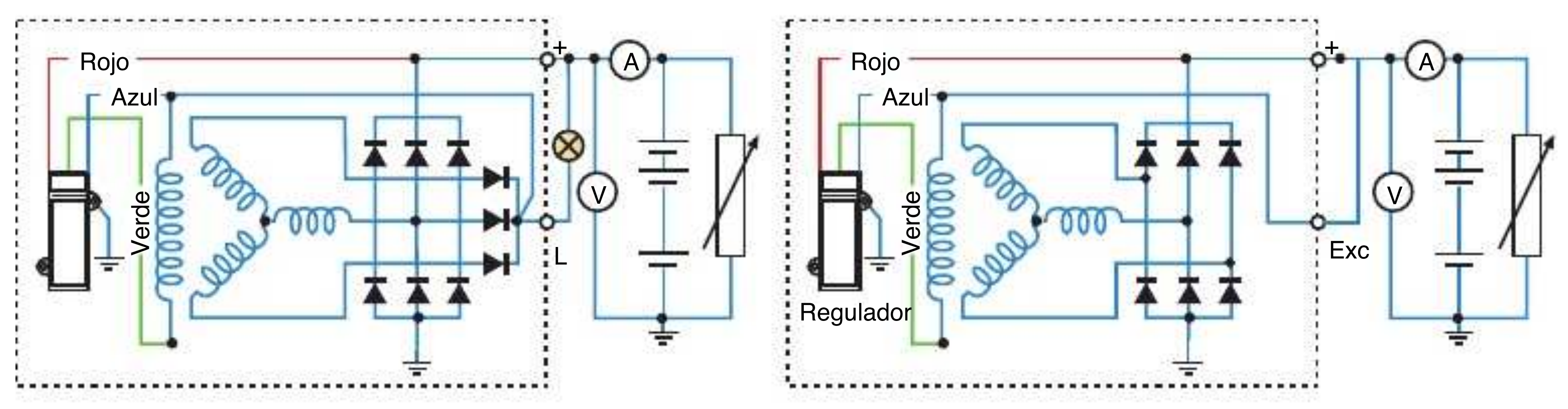
↑ **Figura 8.53.** Conexión del alternador sin lámpara de control.

recuerda

La potencia de la lámpara de carga de un alternador depende de la tensión de trabajo del alternador, 2 W en 12 V y 3 W en 24 V.



- **Curva característica del alternador.** Para determinar la curva característica del alternador con regulador incorporado, se deben seguir los pasos descritos anteriormente para alternadores sin regulador incorporado, teniendo en cuenta realizar las conexiones específicas para cada alternador según el esquema del fabricante (figura 8.54).

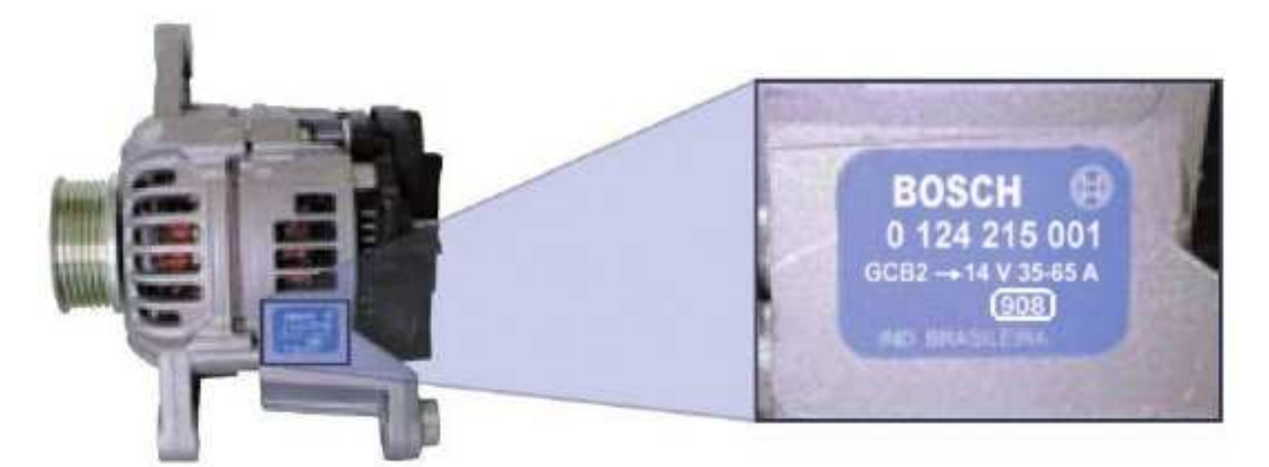


↑ **Figura 8.54.** Ejemplo de conexión para la obtención de la curva característica en alternadores con regulador electrónico incorporado.

7.4. Identificación del alternador

La capacidad de cada alternador está indicada en una «placa de identificación» metálica, fija o grabada en la carcasa (figura 8.55), la placa tiene dos identificaciones:

- La primera es el número de pedido de 10 cifras (0124215001).
- La segunda identificación es la identificación de las características (GCB2–14 V 35-65 A).
- La identificación de los alternadores se divide en dos generaciones.
- La primera generación hasta el año 1985 y la segunda desde el 1985 en adelante.



↑ **Figura 8.55.** Placa identificativa del alternador.

Ejemplo de identificación del alternador Bosch de segunda generación:

K indica el diámetro externo del estátor120 a 139 mm.

1 alternador de rotor c/ polos tipo garra y anillos colectores

La flecha el sentido de giro del alternador.

14 V La tensión del alternador.

35 La corriente mínima a 1.500 rpm.

65 La corriente máxima.

7.5. Mantenimiento periódico del alternador

El mantenimiento de los alternadores viene determinado por las condiciones de trabajo y el vehículo al que van destinados. Dependiendo de su utilización, los fabricantes realizan diferentes tipos de alternadores para su correcta adaptación a las exigencias de los vehículos que los incorporan.

En alternadores para vehículos turismo, con recorridos de hasta 200.000 km, no es necesario ningún tipo de mantenimiento, al coincidir este kilometraje con la revisión en profundidad del motor o la sustitución de este. Los rodamientos autolubricados que incorpora este tipo de alternador tienen una vida útil suficiente.

En vehículos industriales tales como camiones o autobuses con recorridos hasta 300.000 km para su primera revisión a fondo, se realizará el siguiente mantenimiento cada 100.000 km:

- Limpiar las superficies externas del alternador.
- Asegurarse de que las ranuras de ventilación están despejadas y que el ventilador no tiene ningún álabe roto.
- Comprobar el estado de las escobillas y anillos rozantes (figura 8.56).
- Comprobar el buen estado de las conexiones. Deben de estar bien sujetas, realizar un contacto correcto y no presentar roturas en su aislamiento.
- En alternadores con engrasadores y canales de engrase, rellenar estos e inyectar grasa a presión en el cojinete. Si los rodamientos son de tipo abierto, engrasar directamente estos.
- Comprobar el correcto funcionamiento del alternador.



↑ **Figura 8.56.** Comprobar el estado de las escobillas.

Para recorridos de más de 300.000 km hasta su primera revisión a fondo, se requieren alternadores sin anillos rozantes, con rotor guía, que incorporen rodamientos de duración extremadamente larga.

El desgaste de las escobillas es muy reducido debido a la pequeña corriente de excitación.

Los reguladores electrónicos (que en la actualidad son los más utilizados) no precisan mantenimiento: en caso de deterioro se sustituyen totalmente.

7.6. Precauciones al actuar sobre el circuito de carga y alternadores

Los alternadores están diseñados para funcionar sin averías un largo periodo de tiempo. Cuando aparece alguna anomalía o se actúa sobre el circuito de carga, se tienen que tomar una serie de precauciones que, de no respetarse, pueden causar daños irreparables en el alternador o el regulador:

- Observar la polaridad del acumulador antes de realizar su conexión al vehículo.
- Si se invierten los bornes, los diodos rectificadores pueden ser dañados.
- En caso de utilizar un acumulador auxiliar para efectuar el arranque del vehículo, se ha de tener la precaución de conectar correctamente los cables del acumulador auxiliar a los bornes del acumulador del vehículo, el terminal positivo al borne positivo y el terminal negativo a la masa del vehículo (negativo).
- Cuando se utilice un cargador de baterías, se deberá cuidar el correcto conexionado de sus terminales a los bornes del acumulador. En estos casos se debe desconectar el acumulador del resto del circuito del vehículo.
- Debe evitarse que se produzcan cortocircuitos entre las placas de los portadiodos, entre los bornes + y masa o entre Exc y masa en el alternador.
- El alternador no debe funcionar en vacío o en circuito abierto. También se debe evitar desconectar el acumulador y/o el regulador cuando el alternador está girando. La tensión podría subir mucho.
- El regulador debe estar siempre unido al alternador. A ser posible, se unirán directamente los terminales positivos así como las masas de ambos aparatos.
- El alternador no debe ser excitado. Cualquier intento en este sentido puede producir una avería en el aparato.
- En los alternadores con regulador incorporado, no debe realizarse ninguna conexión que no venga reflejada en los esquemas correspondientes del cuadro de características, de lo contrario el regulador puede deteriorarse.
- Para desmontar el alternador, desconéctese previamente la batería.
- Las pruebas de derivación a masa deben realizarse colocando una lámpara en serie que limita la corriente a 0,5 A aproximadamente.
- Cuando se tengan que realizar operaciones de soldadura por puntos o con arco en el vehículo, se desconectará previamente el alternador o el borne negativo de la batería.
- Se debe evitar introducir agua o aceite a través de las aberturas de ventilación del alternador durante las operaciones de servicio del motor.

caso práctico inicial

En el montaje del *buggy* intervienen muchos grupos de alumnos, es conveniente desconectar la batería. Evitando que en un descuido se puedan realizar alguna soldadura y destruir el puente de diodos.

ACTIVIDADES

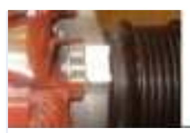
1. Efectúa el desmontaje y el montaje de distintos alternadores siguiendo el orden que marcan los fabricantes.

Analiza las características técnicas, distintas peculiaridades y realiza un esquema eléctrico de cada uno de ellos.

2. Cambia los rodamientos de apoyo del eje del rotor a un alternador.

3. Siguiendo un sistema guiado de detección de anomalías (véanse los cuadros que se muestran al final de esta unidad didáctica), realiza una memoria de actividades prácticas desarrolladas, indicando, en la misma, características, herramientas utilizadas y averías encontradas en diversos circuitos de carga.

Nota: Si no se encuentran averías, el profesor las provocará intencionadamente, manipulando el circuito.



8. Tipos de alternadores

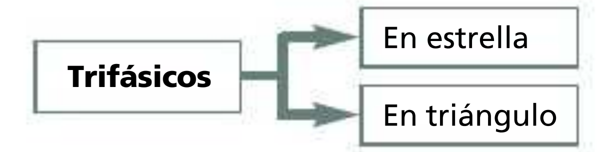
Las condiciones de trabajo, demanda de corriente, tamaño y potencia de los motores, condiciones ambientales y de montaje, etc., exigen la utilización de alternadores de diferentes tamaños y tipos. Los más importantes son:

- Alternadores **de polos intercalados con anillos rozantes.**
- Alternadores **de polos individuales con anillos rozantes.**
- Alternadores **con rotor-guía.**
- Alternadores **de polos intercalados con anillos rozantes.** Son los más adecuados para su montaje en automóviles turismo y vehículos industriales.

  Presentan una estructura compacta con buenas características de potencia y poco peso. Además, esta configuración permite una buena refrigeración.

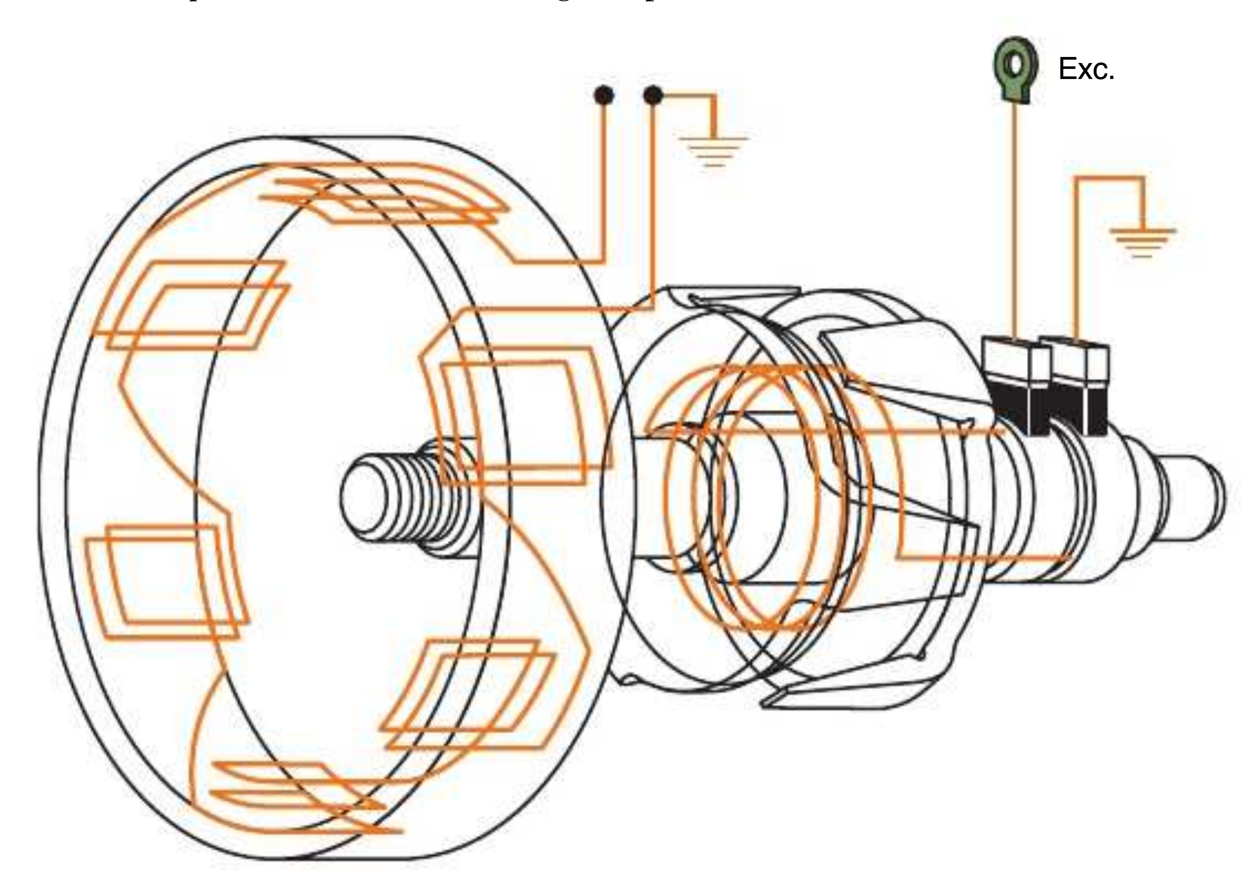
  El número de polos está limitado, dado que un número pequeño de polos hace que el rendimiento del alternador sea insuficiente, mientras que un gran número de polos haría aumentar excesivamente las pérdidas magnéticas. Son fabricados con 12, 14 o 16 polos, según las necesidades de potencia.

A su vez, los alternadores de polos intercalados, dependiendo del número de fases y la disposición de estas, se clasifican en:



- Monofásicos (figura 8.57)

Los alternadores trifásicos son los más utilizados y aportan la misma potencia tanto si son en estrella como en triángulo. Se diferencian en que, para el mismo número de revoluciones, el alternador trifásico conectado en estrella da más tensión mientras que el conectado en triángulo aporta más intensidad.



↑ **Figura 8.57.** Esquema eléctrico de un alternador monofásico.

saber más

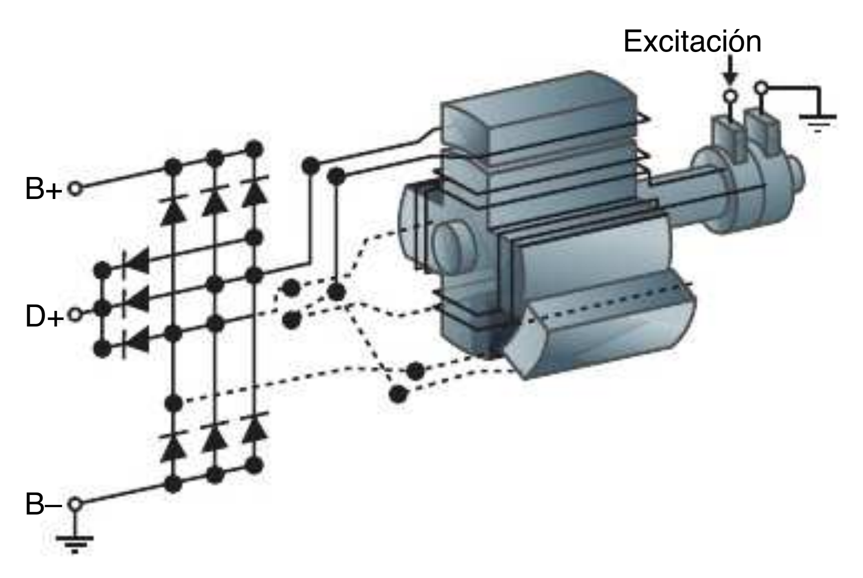
Los nuevos sistemas de arranque y parada del motor (Start-Stop) incorporan motores de arranque que trabajan como alternadores según necesite el vehículo.

En la unidad 9 se estudian estos sistemas.



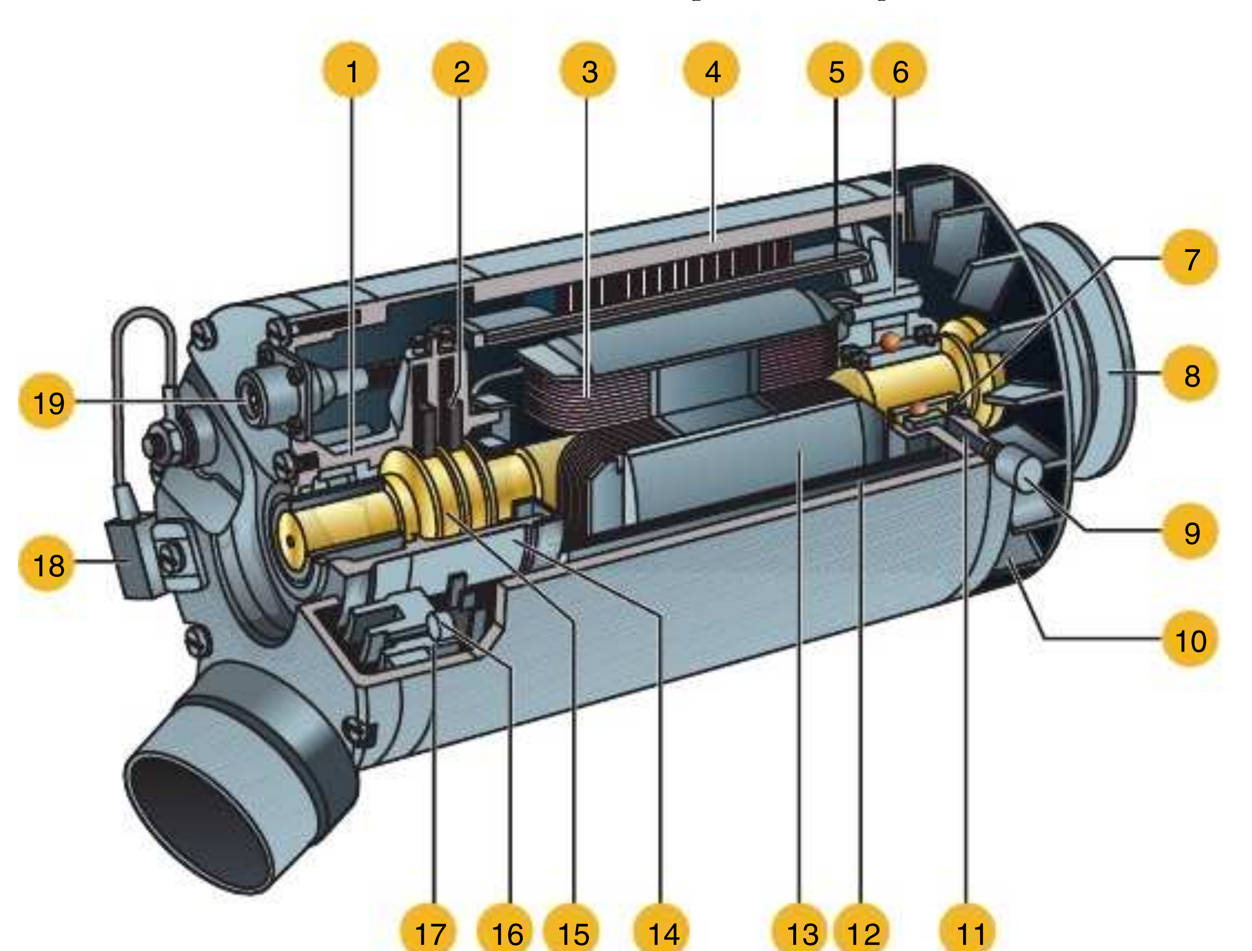
8.1. Alternadores de polos individuales con anillos rozantes

Los alternadores de polos individuales (figuras 8.57 y 8.58), debido a su gran potencia específica, se utilizan en vehículos o grupos que demandan gran potencia (100 A o más de intensidad nominal) y tensiones de 24 V, tales como grandes autobuses, vehículos sobre carriles, embarcaciones, etc.



↑ **Figura 8.58.** Esquema eléctrico de un alternador de polos individuales.

El estátor, los devanados estatóricos y la circulación de corriente por ellos son similares a los alternadores de polos intercalados. La diferencia está en el rotor: mientras que el rotor de polos intercalados tiene un devanado de excitación central que actúa a la vez sobre todos los polos, el rotor de polos individuales tiene 4 o 6 polos alargados, sobre los que se dispone directamente el devanado de excitación. Cada polo tiene aquí un bobinado individual.



1. Tapa lado anillos rozantes
2. Escobillas
3. Devanado de excitación
4. Carcasa
5. Devanado estatórico
6. Tapa del lado de accionamiento
7. Juntas anulares de cojinete
8. Polea
9. Engrasador
10. Ventilador
11. Canal de engrase
12. Núcleo de estátor
13. Rotor de polos individuales
14. Recubrimiento de los anillos rozantes
15. Anillo rozante
16. Diodo de potencia
17. Elemento de refrigeración
18. Condensador antiparasitario
19. Enchufe hembra multipolar

↑ **Figura 8.59.** Vista en sección de un alternador de polos individuales.

8.2. Alternadores con rotor-guía

Son alternadores sin anillos rozantes, escobillas, ni piezas desgastables salvo los rodamientos. Gracias a esta configuración, el alternador no requiere prácticamente mantenimiento (figuras 8.60).

Su campo de utilización está donde la larga duración sea decisiva. En un principio se utilizaban en el alumbrado de ferrocarriles; actualmente se utilizan de forma creciente en camiones de largo recorrido, maquinaria de construcción y vehículos especiales sometidos a grandes esfuerzos.

El alternador se autoexcita por medio del devanado de excitación fijo, dispuesto sobre el polo interior. Ya que la remanencia existente es suficiente, no es necesario preexcitar el campo del alternador. El campo magnetiza los polos del rotorguía giratorio dispuestos alternativamente. El campo magnético giratorio de estos polos induce a su vez una tensión alterna (trifásica) en el devanado del estátor.

El flujo magnético discurre desde el núcleo polar del rotor giratorio a través del polo interior fijo hasta una mitad de los polos intercalados de una polaridad determinada, y luego a través de sus polos hasta el núcleo del estátor fijo. A través de la mitad de los polos intercalados vecinos de polaridad opuesta, se cierra el circuito magnético en el núcleo polar del rotor. En todo caso, al contrario que en el caso del rotor de anillos rozantes, el flujo magnético debe superar dos entrehierros adicionales entre la rueda polar giratoria y la parte de excitación fija.

Este tipo de alternadores suelen llevar un sistema de refrigeración por donde se hace circular el líquido proveniente del sistema de refrigeración del motor. Concretamente, el líquido pasa por una camisa situada sobre la propia carcasa del alternador.

De esta forma, se eliminan los ruidos que producen los ventiladores convencionales.

saber más

Algunos fabricantes en los vehículos con motor Diesel colocan el depresor de vacío, en el eje del rotor del alternador.



↑ **Figura 8.60.** Alternador con bomba de vacío.

1. Polea de doble ranura
2. Ventilador
3. Tapa lado accionamiento con polo interior fijo
4. Núcleo del estátor
5. Devanado de excitación fijo
6. Rotor-guía
7. Tapa del cojinete posterior
8. Regulador transistorizado adosable tipo EE
9. Diodo de potencia
10. Brazos giratorios
11. Guía

↑ **Figura 8.61.** Alternador con rotor. Guía en sección (fuente Bosch).



9. El regulador de los alternadores

9.1. Introducción al regulador para alternador

Los reguladores para generar corriente continua (dinamos) necesitan tres elementos: un regulador de tensión, un limitador de intensidad y un disyuntor que impide la corriente de retorno. Los reguladores para alternadores precisan tan solo de un elemento que regule la tensión. El disyuntor no es necesario dado que la corriente de retorno es bloqueada por los diodos. Tampoco es preciso el del elemento regulador de intensidad, ya que la reacción del inducido limita la corriente máxima admisible a plena carga. A plena carga, la mayor parte de la fluctuación de excitación es compensada por la reacción del inducido y tan solo una pequeña parte de la fluctuación es efectiva.

9.2. Principio de funcionamiento del regulador para alternador

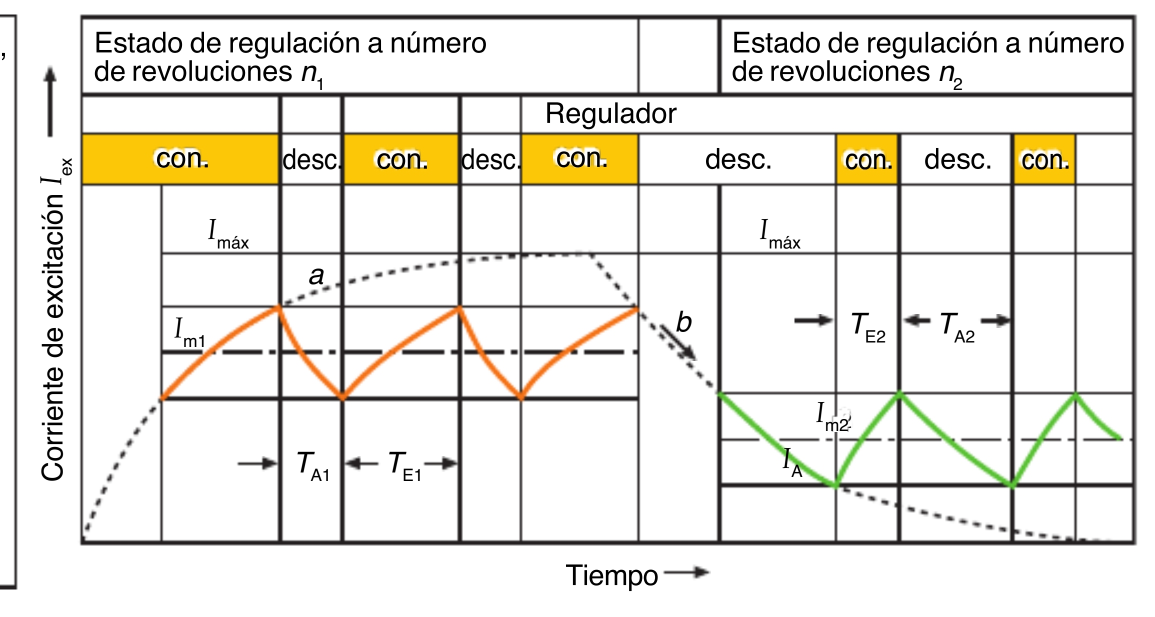
En la dinamo, la tensión generada es tanto más elevada cuanto mayor sea la velocidad de rotación y cuanto mayor sea la corriente de excitación. En un alternador con excitación total constante (sin regulación, sin consumidores y sin batería), la tensión aumentaría linealmente con las revoluciones de forma que, a 10.000 r.p.m., daría 140 V aproximadamente.

Por consiguiente, regular la tensión generada en el alternador consiste en controlar su corriente de excitación. De esta forma, la tensión entre los bornes del alternador (B+ y masa) permanece constante al variar el número de revoluciones y la carga.

En tanto la tensión generada por el alternador permanezca por debajo de la tensión de regulación (unos 14 V para tensión nominal de 12 V), el regulador no actúa.

Cuando la tensión generada sobrepasa la tensión de regulación (y dependiendo de la carga a que esté sometido el alternador), el regulador corta la corriente de excitación provocando una disminución del flujo de excitación y, en consecuencia, la disminución en la tensión generada. Al descender la tensión generada por debajo del valor prefijado, la excitación vuelve a aumentar y con esta la tensión generada. Estos procesos se repiten en milésimas de segundo, manteniendo la tensión generada en el valor medio prescrito.

Intensidad de la corriente de excitación, I_{ex}, en función de los tiempos de conexión T_E y desconexión T_A.
La relación de los tiempos de conexión y desconexión es determinante para la magnitud de la corriente de excitación media, I_m, resultante.
El incremento de la corriente de excitación tiene lugar a lo largo de la curva *a* y la caída (corriente de amortiguamiento, I_A) a lo largo de la curva *b*.
Las relaciones se representan aquí sólo cuantitativamente.
Las magnitudes no corresponden a los valores reales.



↑ **Figura 8.62.** Gráfico de la corriente de excitación.



En la figura 8.62, podemos ver cómo a bajas revoluciones, n_1, la corriente de excitación es alta al estar conectada durante un tiempo alto. Para altas revoluciones, n_2, la corriente de excitación se conecta brevemente y la intensidad media de excitación baja. Debido a que el devanado de excitación tiene una elevada carga inductiva, amortigua los aumentos y disminuciones bruscas de la corriente de excitación en los momentos de conexión y desconexión.

9.3. Tipos de reguladores para alternador

Con el transcurso del tiempo, han ido evolucionando los reguladores para alternador.

En un principio se construyeron electromagnéticos, con una configuración similar a los utilizados para dinamos, pero con un solo elemento: el de tensión.

Estos fueron totalmente desplazados por los reguladores electrónicos, prácticamente los únicos que se montan en la actualidad en vehículos nuevos.

Los reguladores electrónicos, a su vez, se clasifican en:

- **Reguladores de componentes discretos.** Formados por elementos electrónicos convencionales como resistencias, transistores, diodos, etc., montados sobre circuitos integrados, y encapsulados con resina epoxi, formando un conjunto estanco.
- **Reguladores de tecnología híbrida.** Formados por elementos discretos como resistencias, condensadores, etc., en técnica pelicular montados conjuntamente con elementos activos tales como transistores y circuitos integrados sobre una placa cerámica, formando una estructura compacta y muy reducida.

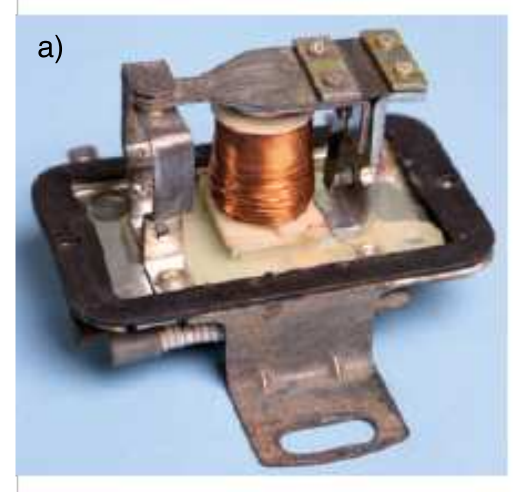
caso práctico inicial

El alternador del *buggy* dispone de un regulador electromagnético.

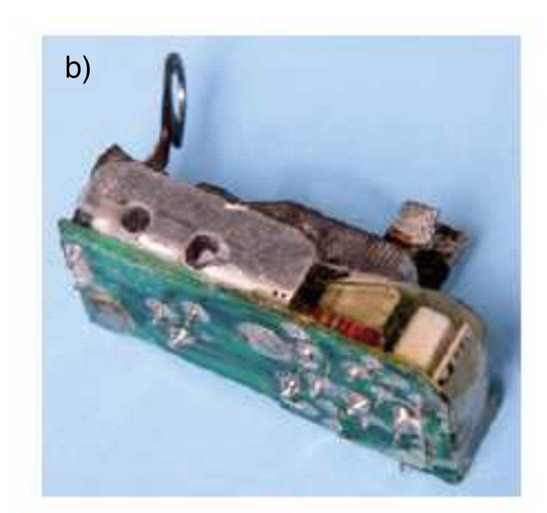


↑ **Figura 8.63.** Regulador electromagnético del *buggy*.

a)



b)



c)



↑ **Figura 8.64.** a) Regulador de contactos. b) Regulador electrónico. c) Regulador electrónico tercera generación.

Descripción	Regulador de contacto	Regulador electrónico (I)	Regulador electrónico (II)
Ejecución	Electromecánica	Elementos discretos parcialmente	Tecnología híbrida, etapa de mando IS integrados
Relación de volumen	100%	aprox. 20%	aprox. 3%
Peso	240 g	55 g	22 g
Fijación	Montaje en carrocería	Montaje en alternador	Montaje en alternador

↑ **Tabla 8.1.** Evolución de la tecnología de los alternadores.

9.4. Ventajas de los reguladores electrónicos



↑ **Figura 8.65.** Regulador electrónico.

Los reguladores electrónicos se construyen con elementos semiconductores como transistores, diodos (diodo Zener), etc., montados sobre circuitos impresos, con ausencia de contactos y formando un conjunto compacto. Debido a esta configuración, gozan de las siguientes ventajas:

- Tiempos de conexión más breves que posibilitan menores tolerancias de regulación.
- No tienen desgaste, y por tanto no requieren mantenimiento.
- Las elevadas corrientes de conmutación permiten reducir los tipos de reguladores.
- La conmutación sin chispa evita interferencias en los equipos de radio.
- Son resistentes contra choques, vibraciones e influencias climáticas. Eliminan fallos.
- La compensación electrónica de la temperatura permite reducir la tolerancia de regulación.
- Su pequeño tamaño hace posible montarlos en el alternador, incluso para alternadores de gran potencia. Además suprimen los cables de conexión y las averías en los contactos.

9.5. Estructura y funcionamiento de un regulador electrónico

Los distintos modelos de reguladores electrónicos presentan muchas similitudes en su estructura, ya que se basan en los mismos principios de funcionamiento.

En la figura 8.65 se muestra un regulador típico con las escobillas incorporadas.

Los principales componentes del regulador forman los siguientes grupos integrados:

- TWZ (Transistor T1. Resistencia R4. Diodo Zener ZD), como parte de mando.
- TWT (Transistor T2. Resistencia R5. Transistor T3), como parte de potencia.

Todas las demás resistencias se encuentran alojadas sobre una placa cerámica según la técnica de capa gruesa. Los diodos y condensadores están ejecutados como elementos individuales. Esta estructura es sencilla y de funcionamiento seguro.

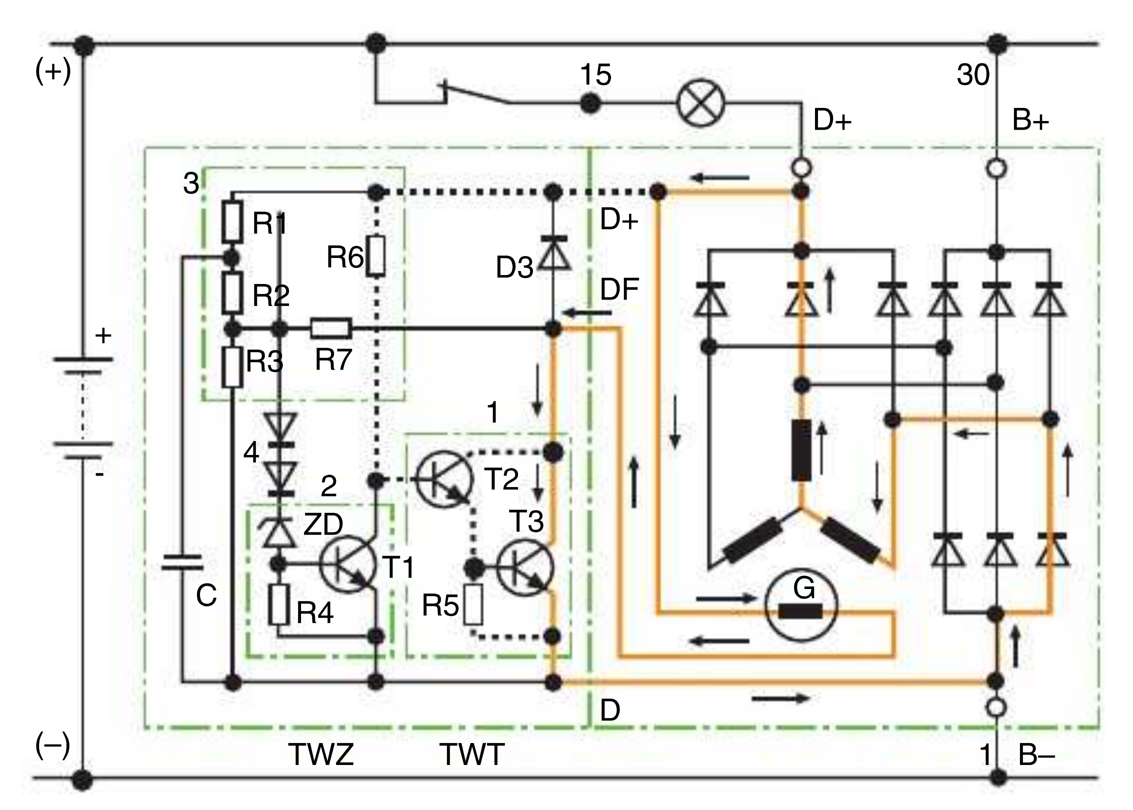
Las figuras 8.66 y 8.67 muestran el esquema eléctrico simplificado en fase de funcionamiento conectado y desconectado, respectivamente. La forma de funcionar queda clara si se observan los procesos al aumentar y disminuir la tensión en los bornes del alternador.

El valor efectivo de la tensión del alternador entre los bornes D+ y D– es registrado por el divisor de tensión, formado por las resistencias R1, R2 y R3. En paralelo a R3 va conectado un diodo ZD como transmisor del valor nominal del regulador, que está sometido constantemente a una tensión parcial proporcional a la tensión del alternador.

Corriente de excitación conectada (figura 8.66)

Mientras el valor efectivo sea inferior al valor nominal de la tensión del alternador y no se alcance todavía la tensión de ruptura del diodo ZD, no pasará corriente por la rama del circuito del diodo ZD. Por ello, tampoco puede llegar corriente a la base del transistor T1. Con el transistor T1 cerrado, puede pasar corriente de mando de los diodos de excitación y del borne B+ a través de la resistencia R6 a la base del transistor T2.

El transistor T2 conectado proporciona la conexión entre el borne DF y la base de T3. Con ello el transistor T3 es también conductor al igual que T2. A través de T3 y del devanado de excitación fluye ahora la corriente de excitación *I*, que aumenta durante el tiempo de conexión y provoca la elevación de la tensión de alternador UG. Al mismo tiempo, aumenta también la tensión en el divisor de tensión y en el diodo Zener.



Esquema eléctrico del regulador transistorizado integrable tipo EE 14 V3
Corriente de excitación conectada por T3
1 Fase final
2 Fase de mando
3 Divisor de tensión
4 Diodos de compensación de temperatura
C Condensador rectificador de tensión
D3 Diodo de descarga
Elementos integrados

↑ **Figura 8.66.** Esquema de un regulador con corriente de excitación conectada.

Corriente de excitación desconectada (figura 8.67)

Si la tensión del alternador sobrepasa el valor nominal de regulación, el diodo Zener se vuelve conductor al alcanzar la tensión de ruptura. Ahora fluye la corriente desde D+ a través de R1, R2 y ZD a la base del transistor T1, que también se vuelve conductor. La consecuencia de esto es que la tensión en la base de T2 cae y deja de fluir corriente de base, por lo que se cierran los dos transistores T2 y T3, conectados en el llamado circuito Darlington.

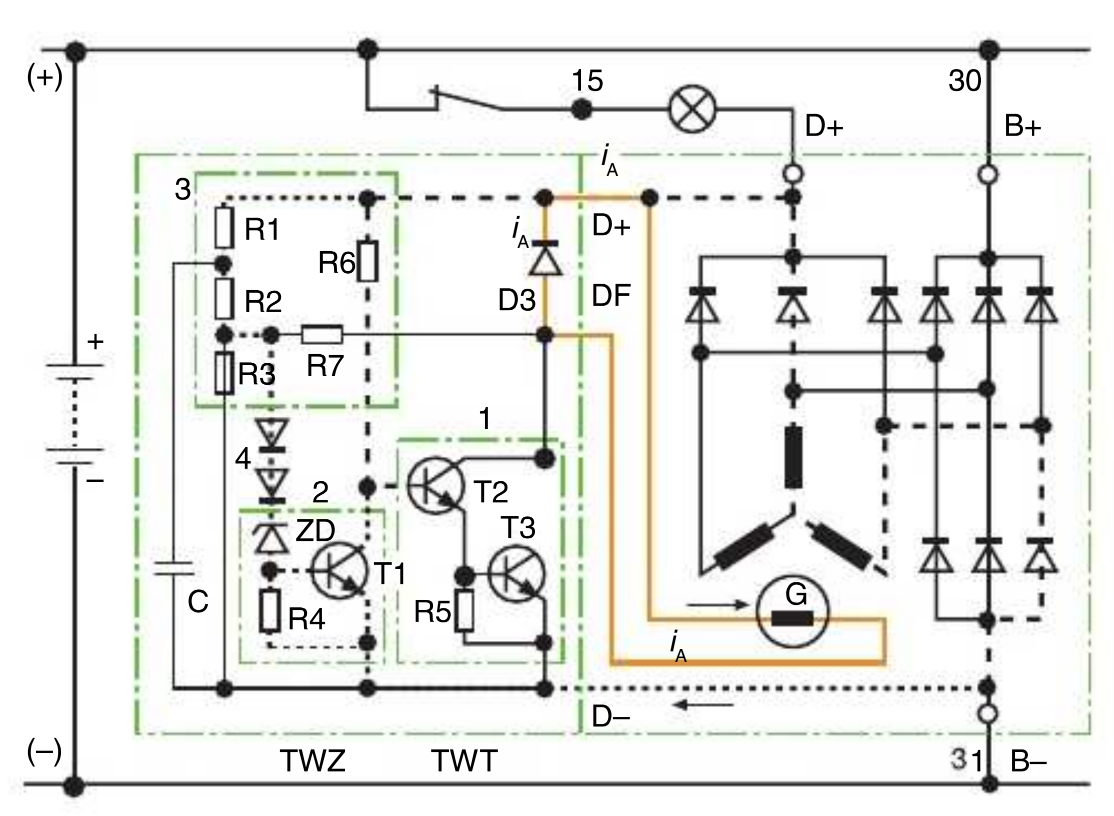
El circuito de corriente de excitación se interrumpe con ello, se suprime la excitación del alternador y la tensión del alternador desciende de nuevo. Al interrumpir la corriente de excitación, debido a la autoinducción en el devanado de excitación (energía magnética acumulada), se produciría una punta de tensión, que podría destruir los transistores T2 y T3. Para impedir esto, la corriente de excitación en amortiguamiento, i_A, se desvía a través del diodo libre D3 conectado en paralelo al devanado de excitación. En cuanto la tensión del alternador cae por debajo del valor nominal de regulación y el diodo Zener vuelve al estado de bloqueo, se conecta de nuevo la corriente de excitación.



Este juego de regulación en el cual el devanado de excitación es sometido alternativamente a la tensión del alternador o a cortocircuitado a través del diodo libre, se repite periódicamente.

La cadencia depende esencialmente de la velocidad de rotación del alternador y de la corriente de carga. El condensador C rectifica la tensión continua ondulada del alternador.

La resistencia R7 se encarga de una conmutación rápida y exacta de los transistores T2 y T3. Si bien las distintas ejecuciones de regulación pueden diferir entre sí por la forma externa o por la estructura del circuito, su forma de trabajar es en principio siempre la misma.



Esquema eléctrico del regulador transistorizado integrable tipo EE 14 V3

Corriente de excitación desconectada por D3

Corriente de amortiguamiento i_A a través del diodo de descarga

1 Fase final
2 Fase de mando
3 Divisor de tensión
4 Diodos de compensación de temperatura
C Condensador rectificador de tensión



Elementos integrados

↑ **Figura 8.67.** Esquema de un regulador con corriente de excitación desconectada.

V
15
14
13
12
–30 0 +30 +60 °C
Temperatura
Tension de alternador *U*

↑ **Figura 8.68.** Margen admisible de la tensión en función de la temperatura del aire.

Influencia de la temperatura ambiente

La temperatura ambiente influye en las necesidades de regulación. En verano la tensión de regulación se reduce un poco para que la pérdida de agua de la batería se mantenga dentro de unos límites aceptables. Por el contrario, en invierno la batería necesita una tensión de carga algo superior, que debe tener en cuenta la tensión admisible por las bombillas. La compensación electrónica de la temperatura se consigue seleccionando adecuadamente el diodo Zener, las resistencias y los diodos D1 y D2 conectados en sentido de paso. En la figura 8.68 vemos una curva característica del margen admisible de la tensión del alternador en función de la temperatura.

9.6. Comprobaciones del regulador electrónico

Las comprobaciones del regulador electrónico se realizan en general con este montado sobre el alternador, como se indicó en los apartados correspondientes de pruebas sobre el vehículo y sobre el banco. Ahora bien, en algunos casos es posible comprobar el regulador desmontado del alternador. En tales casos, las pruebas a realizar son las siguientes:

- Comprobación de los diodos de excitación. En reguladores de componentes discretos, montados en alternadores con lámpara de control.
- Comprobación de funcionamiento.
- Comprobación del diodo de protección en paralelo.

Para la realización de estas pruebas se han de utilizar:

- Una lámpara de 12V/15 W (o 24 V, según la tensión del regulador).
- Una batería de 12V o tensión similar en banco (o 24V, según el modelo).
- Un generador que cargue la batería del banco.

Comprobación de los diodos de excitación

Conectar el cable azul del regulador al negativo de la batería y, tocando con la punta de pruebas de la lámpara, conectada al positivo, en cada uno de los tres terminales amarillos (figura 8.69), la lámpara debe encenderse en los tres casos. Invertir las conexiones de las tomas de la batería. La lámpara no debe encenderse al tocar nuevamente con la punta de pruebas en los terminales amarillos.

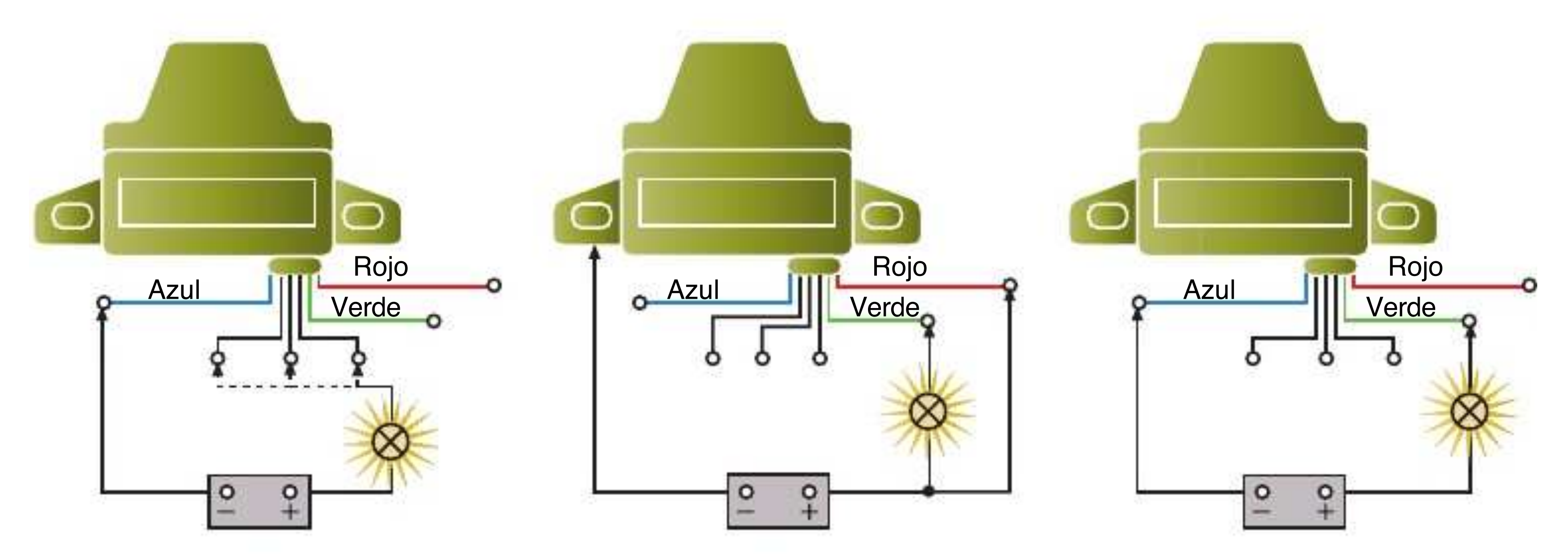
Comprobación de funcionamiento

Conectar el regulador según la figura 8.70. La lámpara debe encenderse, puesto que la batería tendrá una tensión inferior a la de regulación. Si no enciende, el regulador está defectuoso.

Comprobación del diodo de protección en paralelo

Conectar la lámpara de pruebas entre el cable verde y azul, según la figura 8.71.

La lámpara debe encenderse y permanecer apagada al invertir la polaridad de la batería, indicando así el perfecto estado del diodo.



↑ **Figura 8.69.** Comprobación de los diodos de excitación.

↑ **Figura 8.70.** Comprobación del funcionamiento.

↑ **Figura 8.71.** Comprobación del diodo de protección en paralelo.



EJEMPLO

Sistemas guiados para la detección de anomalías en el circuito de carga

Es de máximo interés a la hora de abordar la detección de anomalías en el circuito de carga con alternador y de una manera práctica el seguir un sistema guiado de detección de anomalías. Los cuadros que a continuación se muestran son de gran utilidad para este fin.

Comprobar el estado de carga de la batería

Medir la densidad del electrólito

- **Densidad mayor de 1,25**
  - Comprobar la tensión de la correa de accionamiento del alternador
    - Oprimiendo en el centro de esta con el dedo pulgar (50 N), deberá ceder entre 5 y 10 mm
    - El tensado de la correa no es correcto → Tensar la correa adecuadamente
    - El tensado de la correa es correcto → Conectar el encendido y observar si la lámpara de control de carga del alternador se enciende
      - La lámpara se enciende → F
      - La lámpara permanece apagada → Desconectar el terminal del alternador de la lámpara de control y conectarlo directamente a masa
        - La lámpara permanece apagada → Revisar la lámpara de control de carga y el cableado o conexiones del circuito
        - La lámpara se enciende → Revisar la placa de diodos del alternador

- **Densidad menor de 1,25**
  - Verificar que no existan excesivos accesorios eléctricos conectados a la instalación
    - Excesivos accesorios conectados → Eliminar los menos necesarios o sustituir la batería y el alternador por otros de mayor capacidad
    - Los accesorios eléctricos conectados son los habituales → Desconectar todos los consumidores eléctricos del vehículo. Desconectar el borne negativo de la batería y conectarlo en serie con un miliamperímetro. Hacer descender la gama de medición hasta obtener un valor legible
      - Corriente menor de 3mA → Comprobar la tensión de la correa de accionamiento del alternador
      - Corriente superior a 3mA → Existe una dispersión de corriente en algún punto de la instalación → Localizarla y repararla

F

Arrancar el motor y observar nuevamente la lámpara de control

La lámpara se mantiene encendida	La lámpara se apaga

La lámpara se mantiene encendida →

Parar el motor.
Conectar un amperímetro de escala adecuada a la corriente suministrada por el alternador en serie con este y un voltímetro en paralelo.
Arrancar el motor y aumentar el número de RPM hasta que se consigan la tensión de regulación o la intensidad de control que se describen en el cuadro de características.
Ambos valores se han de corresponder según lo indicado en el citado cuadro

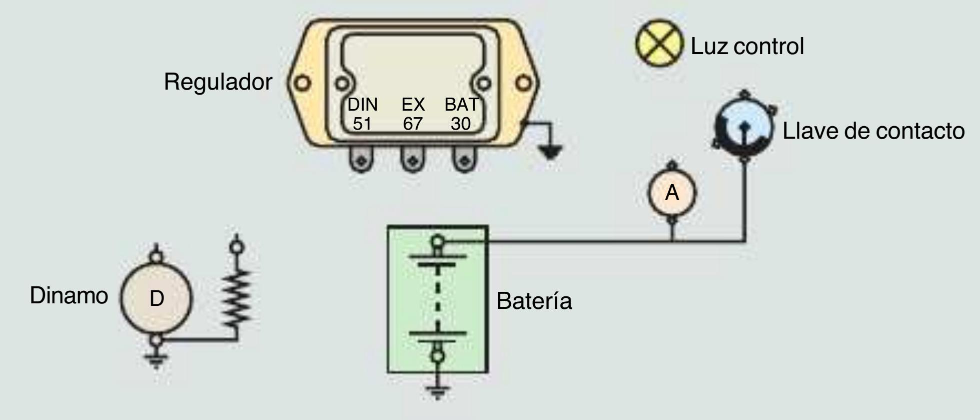
La tensión de regulación no se corresponde con la intensidad de control indicado en el cuadro de características	La intensidad de control no se corresponde con la tensión de regulación indicada en el cuadro
→ Sustituir el regulador electrónico de tensión	→ Reparar el alternador

La lámpara se apaga →

La instalación presenta, en principio, un funcionamiento correcto.
En caso de duda, actuar como si permaneciese encendida

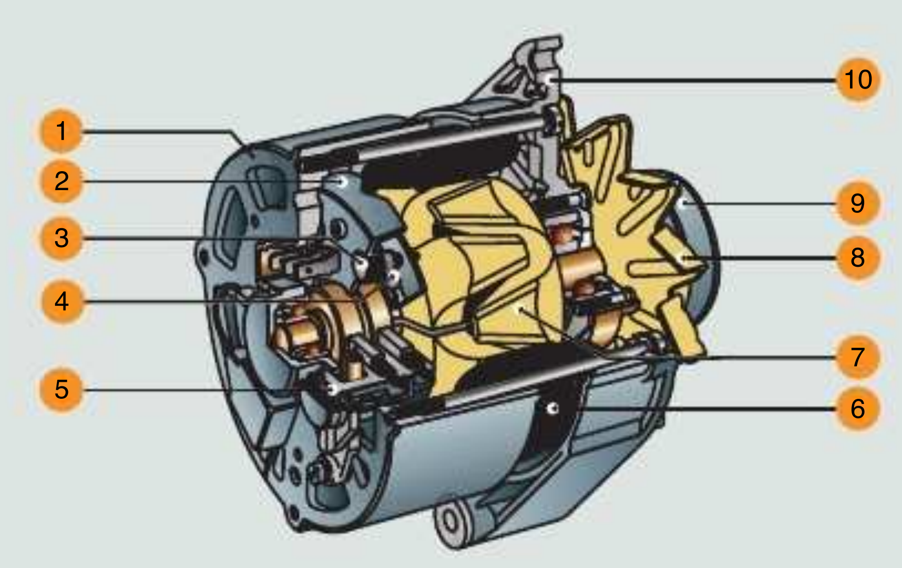
ACTIVIDADES FINALES

1. Relaciona y comenta las ventajas del alternador frente a la dinamo.
2. En tu cuaderno completa el esquema eléctrico de conexión de la dinamo, regulador y lámpara.



↑ **Figura 8.72.**

3. En tu cuaderno copia el dibujo y nombra las piezas del alternador numeradas en la figura 8.73 y comenta las características y misión de cada una.



↑ **Figura 8.73.**

4. Indica las diferencias entre un colector y los anillos rozantes.
5. ¿Qué misión tienen los colectores de flujo?
6. Explica cómo se produce el fenómeno de rectificación de la corriente en los alternadores.
7. Explica el funcionamiento del circuito de control del alternador.
8. Relaciona y comenta los puntos a seguir para comprobar el alternador sobre el vehículo.
9. ¿Qué mantenimiento requiere un alternador?
10. Relaciona y comenta los tipos de alternadores.
11. Explica la misión del regulador y los tipos de reguladores que se montan en los alternadores.
12. ¿Qué precauciones hay que tener en cuenta al realizar manipulaciones sobre el circuito de carga?
13. ¿Qué ventajas tienen los reguladores electrónicos frente a los electromagnéticos?

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. **¿Qué es un alternador?**
   a) Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, suministrando, al circuito exterior, corriente alterna.
   b) Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, suministrando, al circuito exterior, corriente continua.
   c) Es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, suministrando, al circuito exterior, corriente alterna.
   d) Es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, suministrando, al circuito exterior, corriente continua.

2. **¿Cuál de las siguientes partes de un alternador es móvil?**
   a) El inducido.
   b) El inductor.
   c) Las dos anteriores.
   d) Ninguna de las dos.

3. **La corriente producida en los devanados del estátor de un alternador es…**
   a) Corriente alterna monofásica.
   b) Corriente alterna trifásica.
   c) Corriente continua ya que fue rectificada por los diodos.
   d) Corriente alterna que puede ser monofásica o trifásica según el tipo de alternador.

4. **¿Qué es lo que se necesita regular en un alternador?**
   a) La intensidad.
   b) La intensidad y la tensión.
   c) La corriente de retorno y el voltaje.
   d) La tensión.

5. **Si la tensión del alternador cae por debajo de la tensión de la batería, ¿qué elemento se encarga de evitar la descarga de la batería, a través del alternador.**
   a) Los diodos.
   b) Un disyuntor.
   c) Nunca ocurre eso.
   d) Los diodos y el disyuntor.

6. **El Maxwell es una unidad de…**
   a) Flujo magnético.
   b) Inducción magnética.
   c) Fuerza electromotriz máxima por fase en un alternador.
   d) Fuerza electromotriz eficaz en un alternador.

7. **¿En qué magnitud se mide la resistencia de las bobinas inductoras del estator?**
   a) Voltios. b) Ohmios. c) Weber. d) Amperios.

8. **¿Es posible medir la corriente de excitación en un alternador?**
   a) No.
   b) Sí, mediante un amperímetro entre el borne B+ y el terminal de conexión correspondiente. El motor debe estar apagado.
   c) Sí, mediante una pinza amperimétrica colocada en el cable de excitación.
   d) Sí, colocando un polímetro en mediciones de corrientes alternas (AC). La pinza roja irá al borne B+ y la negra a masa.

9. **¿Es necesario desconectar la batería para desmontar el alternador?**
   a) No, salvo que lleven regulador electrónico incorporado.
   b) Sí, como medida de seguridad para evitar cortocircuitos con las llaves.
   c) Sí, salvo que lleven regulador electrónico incorporado.
   d) No.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Herramientas manuales del taller
- Polímetro digital

MATERIAL

- Alternador con regulador electrónico incorporado

Desmontaje y verificación de un alternador con regulador electrónico incorporado

OBJETIVOS

- Aprender a desmontar y montar un alternador.
- Sustituir rodamientos.
- Verificar componentes.

PRECAUCIONES

Manejar los útiles de medida con cuidado y seleccionando las escalas adecuadas.

DESARROLLO

1. Colocar el alternador en un tornillo de banco para desmontarlo.
2. Aflojar los dos tornillos que sujetan el regulador a la tapa soporte (figura 8.74).
3. Extraer el regulador con escobillas del alternador (figura 8.75).
4. Aflojar la tuerca que aprieta la polea poliuve, sujetar con una boca allen y aflojar con la estrella acodada (figura 8.76). Quitar la polea poliuve, la chaveta de media luna y el ventilador.



↑ **Figura 8.74.** Aflojar los tornillos del regulador.



↑ **Figura 8.75.** Extraer el regulador.



↑ **Figura 8.76.** Quitar la tuerca y polea.

5. Quitar los tornillos de las dos tapas del alternador (figura 8.77) y extraer el conjunto estátor y puente rectificador golpeando con un martillo de fibra para no deteriorar la rosca del rotor y separarlo de la pista del rodamiento de la tapa (figura 8.78).
6. Desoldar las soldaduras de estaño (figura 8.79), empleadas para unir las puntas de las bobinas del estátor con el puente de diodos.
7. El conjunto se encuentra desmontado y listo para verificar todos sus componentes.



↑ **Figura 8.77.** Quitar los tornilos.



↑ **Figura 8.78.** Extraer el rotor del rodamiento de la tapa.



↑ **Figura 8.79.** Desoldar conexiones.

8. Repasar con un pliego de lija de P 150 los anillos rozantes y comprobar que se encuentran aislados de la parte metálica del estator, resistencia infinita (figura 8.80).
9. Verificar la continuidad y la resistencia interna del bobinado del estator, empleando el óhmetro 0.27 Ω (figura 8.81).
10. Cambiar los rodamientos del rotor de giro con un extractor de garras (figura 8.82).



↑ **Figura 8.80.** Comprobar aislamiento rotor.



↑ **Figura 8.81.** Medir la resistencia.



↑ **Figura 8.82.** Extraer el rodamiento.

11. Comprobar los diodos negativos (parte inferior del puente rectificador). Con el óhmetro en posición de comprobar diodos se pincha en masa, borna negativa y borna positiva en la conexión del bobinado del estator, si el diodo está bien, no debe conducir la pequeña corriente del óhmetro (figura 8.83). Si se cambia la polaridad borna positiva a masa y negativa a conexión el diodo permite el paso de corriente (figura 8.84). El proceso de comprobar el resto de los diodos se realiza pinchando en cada uno de los puntos de contacto con las conexiones de los bobinados, tres contactos y tres diodos.

    Los diodos positivos se comprueban, pinchando en los puntos de conexión y la salida de corriente del puente rectificador. Los diodos auxiliares de la lámpara se comprueban pinchando entre la salida de corriente auxiliar y los puntos desoldados (figura 8.85) al cambiar la polaridad no debe conducir.



↑ **Figura 8.83.** El diodo no conduce.



↑ **Figura 8.84.** El diodo conduce.



↑ **Figura 8.85.** Diodos auxiliares.

12. Las verificaciones de los bobinados del estátor, comprobando su aislamiento a masa (figura 8.86).
13. Medir la resistencia de cada bobinado (figura 8.87), si tiene menos resistencia indica que puede haber corto circuito entre las espiras, y una resistencia mayor, un mal contacto en las conexiones.
14. Montar todo el conjunto, siguiendo el proceso inverso al seguido en el desmontaje, comprobar su funcionamiento en el banco de pruebas (figura 8.88).



↑ **Figura 8.86.** Comprobando el aislamiento.



↑ **Figura 8.87.** Resistencia de una fase.



↑ **Figura 8.88.** Montaje en el banco.



MUNDO TÉCNICO

Ford Focus ECOnetic (Stop-Start)

Se trata del primer **Ford** que incorpora el dispositivo **Stop-Start,** con el cual se homologan 0,5 litros menos de consumo en ciudad, ya que el motor se detiene automáticamente en atascos y semáforos, y vuelve a arrancar cuando pisamos el acelerador o el embrague, en 0,3 segundos. El sistema de arranque dispone de un motor eléctrico de altas prestaciones y engranajes más resistentes, con reducidos niveles sonoros. La batería principal es de gel, con control continuo de carga, y se complementa con una pequeña batería auxiliar que evita caídas de tensión en el sistema eléctrico durante el Stop-Start. Por tanto, adiós a la molesta bajada de intensidad de los faros durante el arranque.

Entre las mejoras del Ford Focus ECOnetic hay que citar la incorporación de grupos secundarios más eficientes. Además de correas y poleas con un 30% menos de tensión (se reduce así el consumo un 1%), el alternador puede variar la intensidad de carga en función de las necesidades. En fases de aceleración se reduce para mejorar la respuesta del motor y no robarle potencia, y se incrementa al frenar o decelerar, para aprovechar la energía cinética del coche y recargar la batería «gratis». Por otra parte, la gestión de la bomba eléctrica de la dirección se ha recalibrado para que su demanda energética sea menor cuando el conductor no ejerce fuerza sobre el volante. Estas medidas se apoyan con un coeficiente aerodinámico mejorado, que pasa de 0,32 a 0,31 Cx. La parrilla incorpora tapas en su parte inferior, mientras que se mantiene la altura de la carrocería rebajada del anterior Focus ECOnetic, concretamente 10 mm en el eje delantero y 8 mm en el trasero. En cuanto a los neumáticos, son de baja fricción de nueva generación, de la medida 195/65 R15.

Las modificaciones también afectan al grupo motriz, ya que el sistema de alimentación se ha revisado e incorpora nuevos inyectores, así como una centralita modificada y un sensor de oxígeno en el sistema de escape. Por su parte, los desarrollos del cambio manual de 5 velocidades son más largos en 3ª, 4ª y 5ª, algo que, además de reducir el consumo, ayuda a mitigar el nivel sonoro a velocidad constante. No hay excusas para ahorrar, aunque el Focus ECOnetic cuesta unos 900 euros adicionales respecto a la versión equivalente.

Pablo Mallo Terra.es



EN RESUMEN

Tapas soporte	Fijar los rodamientos y armar el conjunto
Ventilador	Forzar el paso de aire y refrigerar el alternador
Polea	Girar el rotor
Rotor	Crear los campos magnéticos en sus polos
Estátor	Genera la corriente alterna en sus bobinados
Puente de diodos	Rectifican la corriente alterna a continua
Regulador portaescobillas	Regula la tensión de carga

entra en internet

- 1. Busca un coche que monte dinamo y otro con alternador, y relaciona la antigüedad de cada uno.
- 2. Entra en la pag web de sabelotodo.org te ayudará a comprender mejor el funcionamiento eléctrico del alternador.
- 3. En la página web siguiente, encontraras más información del alternador http://www.manualdemecanica.info/El_Alternador_y_sus_secretos.html
- 4. Busca información sobre los nuevos sistemas de carga y paro stop-start
- 5. Busca vehículos que dispongan de bomba de vacío colocada en el alternador.

9 El circuito de arranque



vamos a conocer...

1. Misión del circuito de arranque
2. Motor de arranque
3. Pruebas y comprobaciones
4. Mantenimiento del motor de arranque
5. Sistema de arranque con pulsador (automáticos)
6. Sistema de arranque y parada automática Stop-Start
7. Motor de arranque en los vehículos híbridos

PRÁCTICA PROFESIONAL

Desmontaje y verificación de los componentes de un motor de arranque

MUNDO TÉCNICO

El Ford Key Free (arranque y apertura sin llave)

y al finalizar esta unidad...

- Conocerás la misión del circuito de arranque en los vehículos
- Estudiarás los esquemas eléctricos del circuito de arranque
- Entenderás los principios de funcionamiento del motor de arranque de corriente continua
- Aprenderás a desmontar y verificar los componentes del motor de arranque
- Conocerás cómo funcionan los sistemas Stop-Start
- Estudiarás cómo funcionan los sistemas de arranque en los vehículos híbridos

CASO **PRÁCTICO** INICIAL

situación de partida

Milagros es profesora de un Instituto de Enseñanza Secundaria e imparte clases de FOL y AGC a los alumnos del ciclo de Electromecánica en primer curso, tiene un BMW serie 3 del año 1998 que emplea normalmente en sus desplazamientos al Instituto. Por la mañana, al intentar arrancarlo, el motor no se ha puesto en marcha y no ha podido llevarse el coche al trabajo.

Al llegar a clase, ha preguntado a los alumnos de electromecánica si conocen el motivo de la avería y si es muy costosa.

Un alumno le comenta a Milagros que tiene que conocer los síntomas de la avería para poder intentar diagnosticar cuál puede ser el componente que falla ya que, sin conocer más datos, el fallo puede ser porque la batería se encuentre baja de carga, el motor de arranque averiado, la llave de contacto o por fallos en conexiones eléctricas.

Lo primero que le preguntan es si el motor intentó girar y ponerse en marcha, ellas les dice que el motor no realizó ningún movimiento ni ruido.

Sus alumnos preguntan a la profesora si al introducir la llave el giro hasta la posición de arranque se produjo sin dificultad como todos los días anteriores, ella dice que sí, que la llave aparentemente funcionó como de costumbre.

Por último le preguntan, si se iluminaron los testigos del cuadro de instrumentos y si notó al intentar arrancar como si bajaran de intensidad, como si se fueran a apagar y Milagros les responde que no.

Con la información que les ha proporcionado los alumnos descartan que el fallo sea de la batería ya que los testigos del cuadro no bajan de luminosidad.

Deducen que al relé del arranque no le llega la tensión desde la llave de contacto y que la avería puede ser: de la llave, del relé del motor de arranque o debido a fallos en las conexiones entre la llave y el relé.



↑ **Llave de contacto.**

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué importancia crees que tiene que el motor sea Diesel o gasolina? ¿Por qué ningún alumno le ha preguntado por el tipo de motor?
2. ¿Qué útil de medida se puede emplear para localizar la avería?
3. ¿Con la información que Milagros ha proporcionado a sus alumnos, qué comprobación es la primera que se debería realizar?
4. ¿Crees que el BMW del año 1998 dispone de dispositivo Stop-Start?
5. ¿Cómo valoras la información que el dueño de un vehículo proporciona al técnico electromecánico para localizar las averías?



1. Misión del circuito de arranque

caso práctico inicial

El vehículo no se pone en marcha debido a que una de las piezas del motor de arranque eléctrico puede estar averiada o dañada.

El motor de combustión interna (gasolina o Diesel) no puede ponerse en marcha por sí solo, para que se ponga en funcionamiento y arranque, necesita la ayuda externa de un motor de arranque eléctrico, que lo girará hasta conseguir que se ponga en marcha y gire por sí mismo.

En el arranque hay que vencer las resistencias a la puesta en marcha siguientes:

- Resistencia de la compresión del motor.
- Resistencia del rozamiento de los componentes mecánicos.

La resistencia de la compresión del motor depende principalmente: del estado del motor, de la relación de compresión final y de la temperatura que se encuentre el motor.

Las resistencias al rozamiento de los componentes mecánicos (pistones, cojinetes del cigüeñal, bielas, etc.) son de distinta magnitud según: el tipo de motor, el número de cilindros, la calidad del aceite y de la temperatura a la que se encuentre.

Las resistencias al rozamiento alcanzan su valor máximo cuando el motor de combustión se encuentra a muy bajas temperaturas.

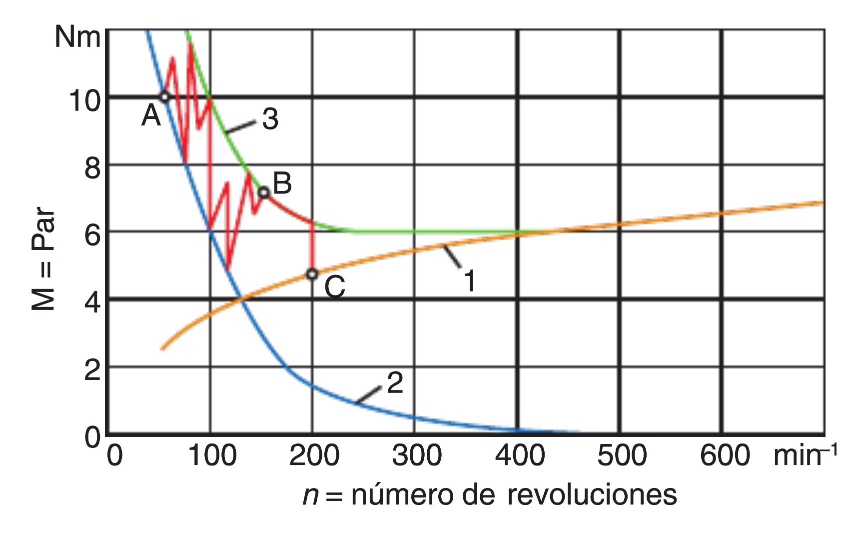
1.1. Proceso de arranque

saber más

Durante el proceso de arranque, si el conductor pisa el pedal del embrague, se desacopla la caja de cambios disminuyendo el rozamiento y la resistencia mecánica que es necesario vencer para conseguir poner en marcha el motor.

Para poder arrancar un motor hay que girar su cigüeñal, en su sentido de giro, durante un periodo de tiempo.

El arranque empieza a un número bajo de revoluciones. Durante el giro inicial del cigüeñal la resistencia al arranque disminuye, se producen las primeras igniciones del motor todavía débiles e irregulares (el calentamiento que generan las igniciones reduce el rozamiento), el motor sigue girando y los impulsos de arranque reciben apoyo hasta que el motor se pone en marcha definitivamente. En la figura 9.1 se representa el proceso mediante tres curvas.



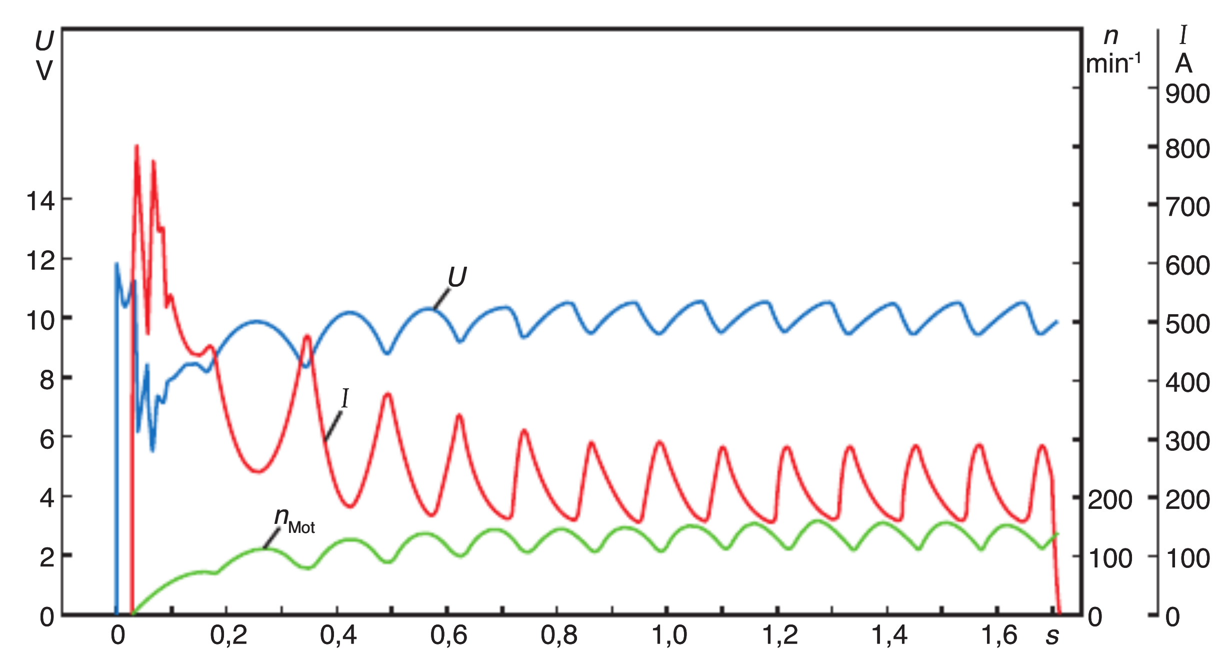
↑ **Figura 9.1.** Curvas del proceso de arranque (fuente Bosch).

La curva 1 representa el par del motor de combustión en función del número de revoluciones, el par disponible del motor de arranque se representa en la curva 2 y el par de los dos motores se representa con la línea 3. Las primeras igniciones se producen en el punto A, la curva se alcanza solo en forma de puntas hasta que el motor arranca en el punto B y el motor de arranque se desconecta en el punto C.

En el proceso de arranque es muy importante para la primera ignición tener un par alto del motor de arranque y un giro lo más rápido posible.



En la figura 9.2 se representan las gráficas del consumo de corriente del motor de arranque en la puesta en marcha (I), la tensión de la batería (U) y el número de revoluciones del motor de combustión en la fase de arranque (n_{Mot}).



↑ **Figura 9.2.** Gráficas de la fase de arranque (fuente Bosch).

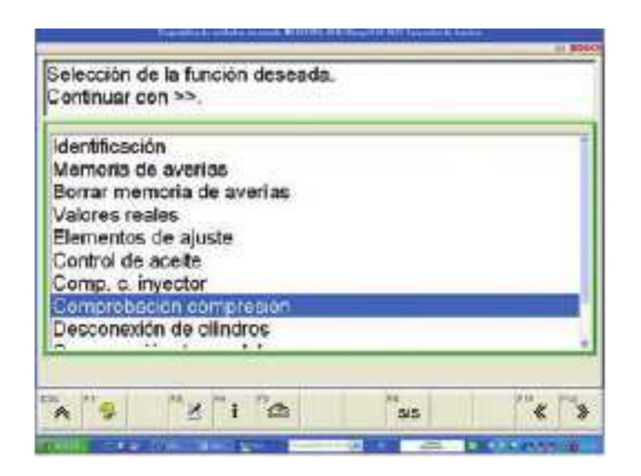
Durante el inicio de la fase de arranque, cuando la resistencia que ofrece el motor de combustión es grande, el par que el motor de arranque proporciona también lo es, lo que implica un gran consumo de corriente (I) y una bajada de la tensión (U). En el proceso del arranque se van reduciendo las puntas de la intensidad de la corriente como consecuencia de la disminución de las resistencias mecánicas del motor, hasta que el motor se pone en marcha.

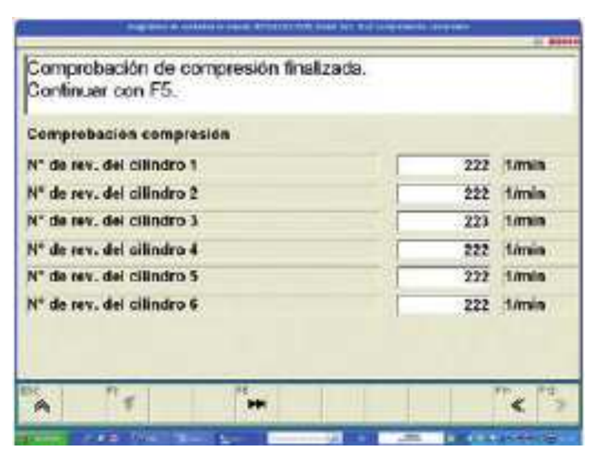
El número mínimo de revoluciones para que un motor de encendido por chispa (Otto) arranque es de 60 a 100 r.p.m., mientras que para un motor de encendido por compresión (Diesel) está comprendido entre 80 y 250 r.p.m.

Los equipos de diagnosis actuales, tipo KTS de Bosch, permiten medir la compresión aproximada del motor térmico (figura 9.3 a). Para obtener esta función, se emplea el giro proporcionado por el motor de arranque, y las señales del captador de posición del árbol de levas y del número de revoluciones del cigüeñal. El programa mide el giro del motor térmico cada 60° (véase el ejemplo de la figura 9.3b). Cuando las revoluciones en todos los cilindros son similares, la compresión está equilibrada y si uno de los cilindros girase a más revoluciones sería un indicativo de baja compresión de ese cilindro.

caso práctico inicial

En la avería del BMW de la profesora, una de las preguntas de los alumnos es sobre el comportamiento eléctrico, si baja la tensión al iniciarse el arranque la iluminación de los testigos bajaría, esto no ocurre en el BMW, no se inicia la fase de arranque al girar la llave.





↑ **Figura 9.3.** a) Seleccionar la función comprobar compresión. b) N° de revoluciones de los seis cilindros.

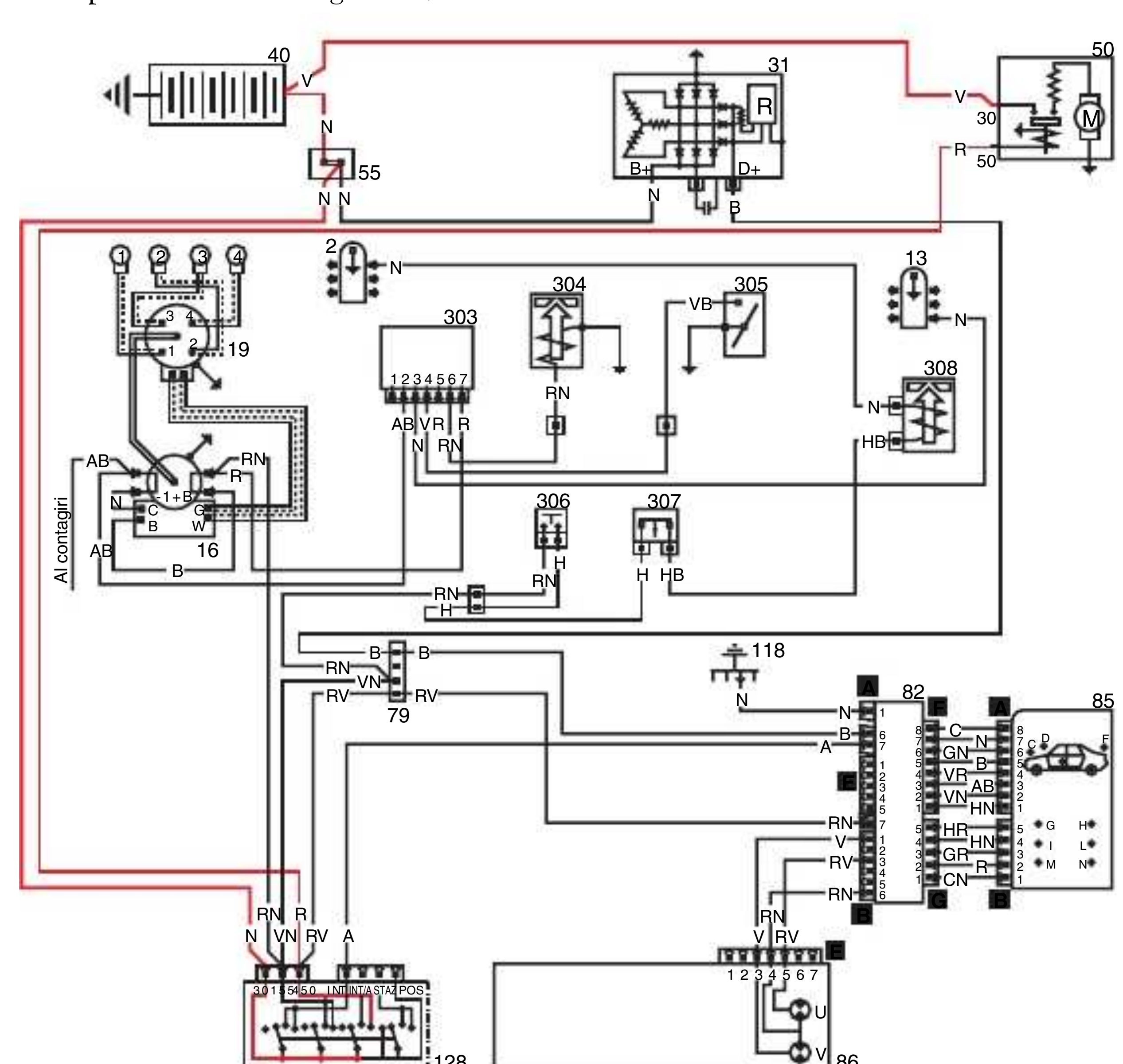


1.2. Esquema eléctrico del circuito de arranque

El circuito eléctrico de arranque básico está formado por los siguientes componentes:

- Batería.
- Motor de arranque.
- Llave de contacto.
- Cables.

El esquema eléctrico de un circuito de arranque de un motor de gasolina aparece representado en la figura 9.4.



Principales componentes del circuito:

40. Batería de 12 V
31. Alternador
50. Motor de arranque
55. Conector
86. Lámpara del cuadro
128. Conmutador de contacto y arranque

↑ **Figura 9.4.** Esquema eléctrico del circuito de arranque (fuente Fiat).

recuerda

Para poder poner en marcha el motor térmico mediante un motor eléctrico de reducidas dimensiones, es necesario cambiar las revoluciones por par en el volante. Esta función se realiza mediante una reducción entre el piñón del motor de arranque y la corona del volante motor (de 1/8 a 1/15).

El circuito eléctrico se comanda desde la llave de contacto (128). Al girar la llave a posición de arranque, se alimenta con tensión el cable (R) que une la llave con el borne 50 del relé del motor de arranque. El paso de la corriente por el bobinado del relé y su cierre a masa produce un campo magnético que pega el contacto y permite el paso directo de la corriente (procedente de la batería) por el cable de grueso (V) a través del borne 30, el conexionado interno del motor de arranque permite su giro y la puesta en marcha del motor térmico.

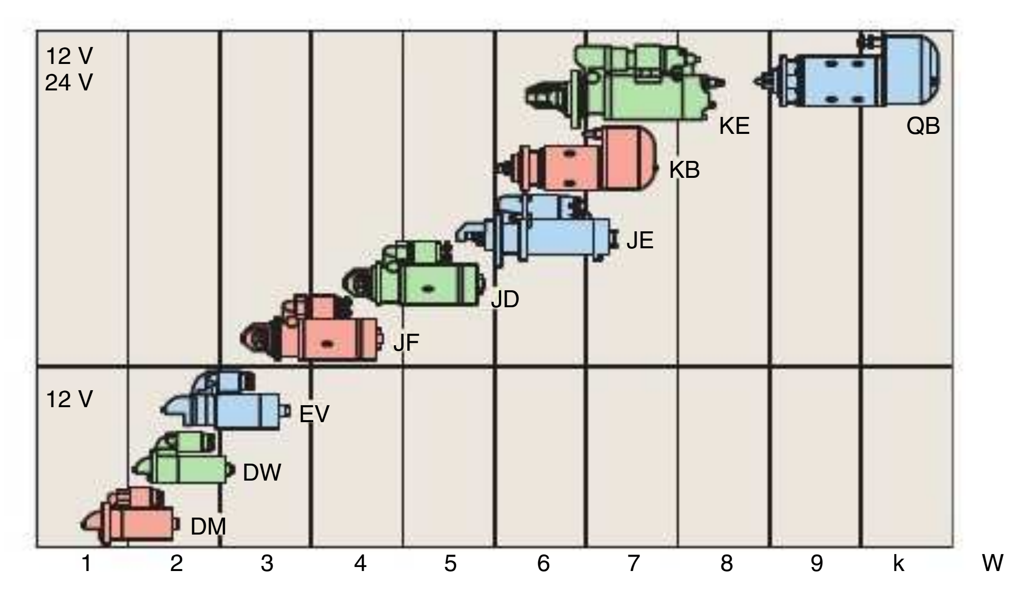
La capacidad del acumulador está condicionada a la potencia requerida por el motor de arranque, teniendo en cuenta que la tensión y la capacidad de la batería es menor cuanto más baja es la temperatura y mayor es la corriente absorbida o de descarga, tal y como se vio en el estudio de la batería.

2. Motor de arranque

El motor de arranque transforma la energía eléctrica suministrada por la batería en energía mecánica que transmite al motor de combustión. El motor de arranque se diseña y adapta al tipo de motor de combustión. Los primeros motores de arranque funcionaban a 6 V y no disponían de relé, el accionamiento se realizaba de forma manual con varillas o con cable (figura 9.5). Con la evolución de la tecnología el motor de arranque se perfecciona, adaptándose al tamaño del motor de combustión y a la tensión de la red del vehículo. En la figura 9.6 aparecen los motores del fabricante Bosch con las siglas identificativas, tensión y potencia en kW.



↑ **Figura 9.5.** Motor con accionamiento manual a 6 V.



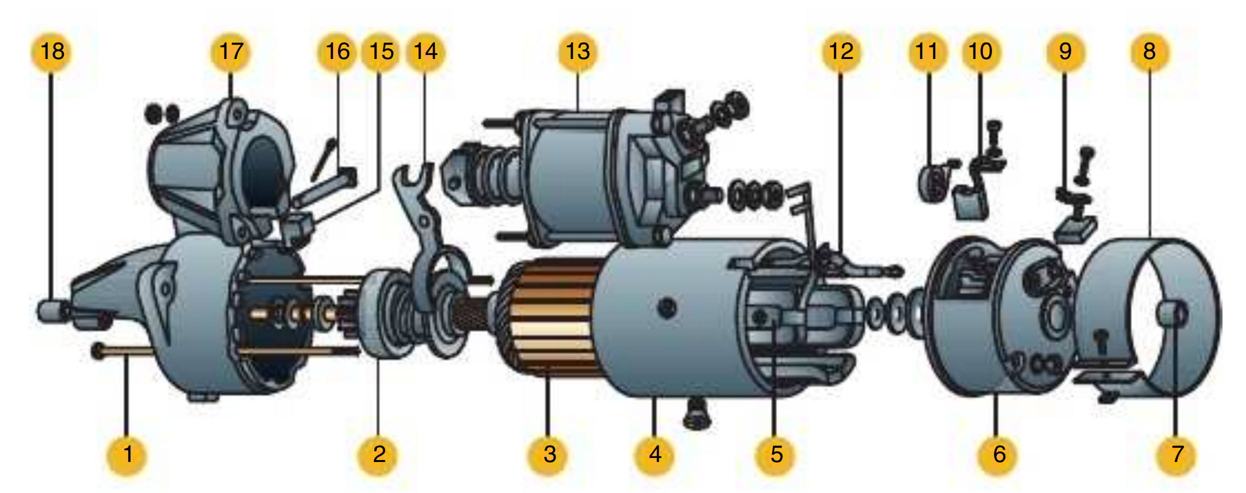
↑ **Figura 9.6.** Motores de arranque (fuente Bosch).

caso práctico inicial

El estado de carga de la batería es fundamental, para que el motor del BMW se pueda poner en marcha, el motor de arranque recibe la energía acumulada en la batería y la transforma en energía mecánica para el arranque.

2.1. Estructura del motor de arranque

Para la descripción de los componentes del motor de arranque, tomaremos como base de estudio el tipo de motor de arranque en serie con contactor y horquilla (figura 9.7), por ser este uno de los modelos más empleado.



1. Tornillo de unión del semicuerpo
2. Piñón con rueda libre y manguito de acoplamiento
3. Inducido
4. Soporte inductor-carcasa
5. Bobinas inductoras
6. Soporte lado colector
7. Casquillo
8. Abrazadera de protección soporte lado piñón
9 y 10. Escobillas
11. Muelle retención escobillas
12. Bobinas inductoras
13. Electroimán mando acoplamiento piñón
14. Palanca de acoplamiento del arranque
15. Taco de goma
16. Tornillo
17. Soporte del lado del piñón
18. Casquillo

↑ **Figura 9.7.** Esquema de los componentes del motor de arranque.



Inducido

Constituido por un eje sobre el cual se encuentra montado un paquete de chapas troqueladas, que forma un núcleo o armadura y sobre cuyas ranuras se montan los arrollamientos debidamente aislados. Estos forman el devanado inducido, encargado de crear un campo magnético capaz de hacer girar al inducido.

A un lado del núcleo, sobre el eje, se monta el colector en forma de tambor, constituido por un conjunto de láminas de cobre denominadas delgas, aisladas entre sí y del eje por medio de un cuerpo central de material aislante. En los extremos de esta van conectados y soldados los arrollamientos del devanado del inducido. Sobre las delgas rozan las escobillas, destinadas a conducir la corriente procedente de la batería hacia el devanado inducido. Al otro lado del núcleo, sobre el eje, se encuentran talladas unas estrías helicoidales sobre las cuales se desliza el conjunto piñón de ataque mecanismo de arrastre (figura 9.8).

En motores de arranque con reductora, las estrías van talladas sobre el eje de salida del conjunto planetario, cuyo piñón central se encuentra sobre el eje del motor.



↑ **Figura 9.8.** Inducido y piñón de arranque desplazable.

Carcasa y conjunto inductor

La **carcasa**, fabricada en acero de bajo contenido en carbono, forma el cuerpo del motor de arranque, a través del cual se cierra el circuito magnético. Sobre esta, se monta el conjunto inductor.

El **conjunto inductor** está formado por las bobinas inductoras (de gran sección), generalmente realizadas en hilo o pletina de cobre recocido. Las espiras que forman las bobinas inductoras van aisladas entre sí, y, a su vez, aisladas de la carcasa y de las expansiones polares por medio del encintado de las mismas o por medio de una lámina o recubrimiento plástico.

Las masas polares están constituidas por un núcleo de hierro dulce o acero suave en forma de T curvada (en el que se alojan las bobinas inductoras) y van sujetas a la carcasa por medio de tornillos.

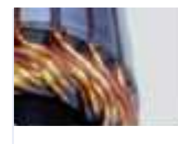
El conjunto inductor está encargado de generar un campo magnético estacionario.

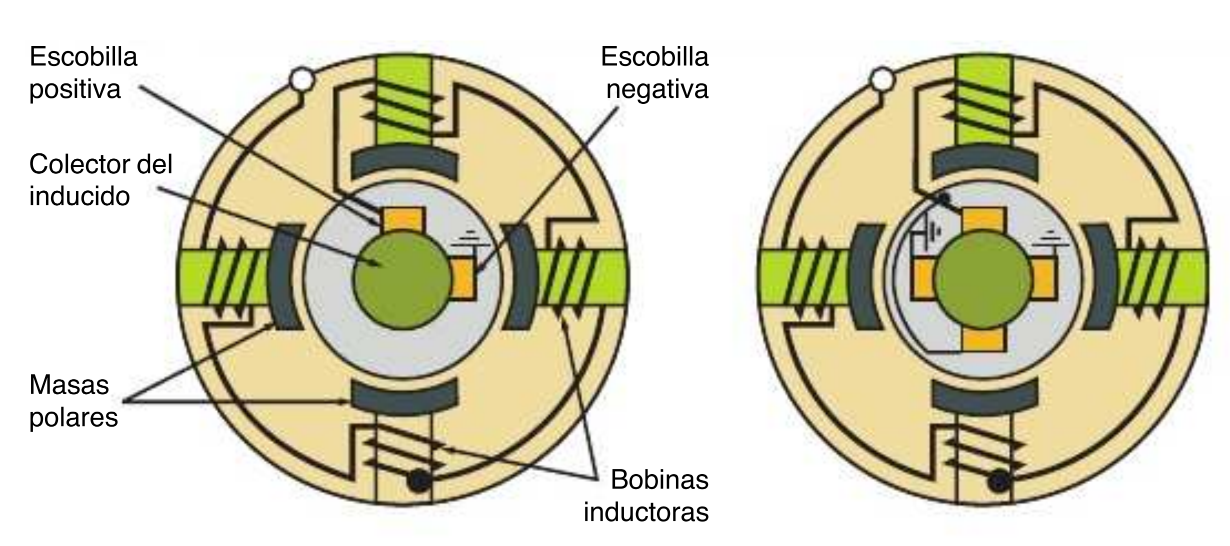
Usualmente, se utilizan motores serie con cuatro polos y dos o cuatro escobillas.

El desarrollo de ferritas de última generación permite realizar motores de arranque con excitación por imán permanente. En este caso, son motores muy revolucionados que necesitan una reductora. Normalmente, tienen seis polos.



↑ **Figura 9.9.** Carcasa y conjunto inductor con escobillas.





↑ **Figura 9.10.** Esquemas de conjuntos inductores con dos o cuatro escobillas.

saber más

Ferrita

Material que contiene partículas de óxido de hierro. Se puede magnetizar y conserva la magnetización durante mucho tiempo. Algunas de sus características se mejoran si tiene forma de anillo.

Soporte del lado de accionamiento

Es una pieza obtenida por fundición de aluminio en la que va montado un cojinete de fricción en bronce sinterizado, sobre el cual se apoya y gira el inducido, y que cierra el conjunto motor en uno de sus extremos.

Dispone de una zona mecanizada para su acoplamiento al motor térmico y de unos taladros para la fijación al mismo por medio de tornillos.

En motores en los cuales el acoplamiento y engranaje se realiza por medio de contactor y horquilla, este subconjunto dispone de un alojamiento para el acoplamiento y fijación de estos (figura 9.11). En el caso de incorporar reductora, se practica un mecanizado para el alojamiento y fijación de esta (figura 9.12).



↑ **Figura 9.11.** Tapa y horquilla de accionamiento.



↑ **Figura 9.12.** Reductora con tren epicicloidal.

Soporte del lado colector

Está constituido por una pieza en fundición de aluminio, sobre la que se monta un cojinete de fricción en bronce sinterizado, que sirve de apoyo y sobre el que gira el inducido. Cierra el conjunto motor por el otro extremo.

En él se montan los portaescobillas, sobre los cuales se desplazan las escobillas (realizadas en pasta de carbón-grafito) y los muelles empujadores que aseguran el contacto entre las escobillas y el colector. Debido a la elevada demanda de corriente en el momento del arranque del motor térmico, se precisan escobillas de gran sección y una alta presión de contacto entre estas y el colector (figura 9.13).





↑ **Figura 9.13.** Tapa soporte lado del colector y dos escobillas.



↑ **Figura 9.14.** Soporte de cuatro escobillas, dos positivas y dos negativas.

Contactor (relé de arranque)

Este elemento, también denominado relé de arranque, tiene como misión cerrar el circuito batería-motor de arranque a través de sus contactos (figura 9.15).

El relé de arranque está formado por los siguientes componentes:

- Un solenoide con uno o dos bobinados (uno de accionamiento y otro de retención), arrollados sobre un tubo de acero suave, con sus espiras de hilo de cobre aisladas entre sí.
- Un núcleo móvil que se desplaza por el interior del solenoide bajo la influencia de este. En uno de sus extremos incorpora un contacto que, una vez toca los bornes, cierra el circuito de alimentación del motor de arranque (figura 9.16).

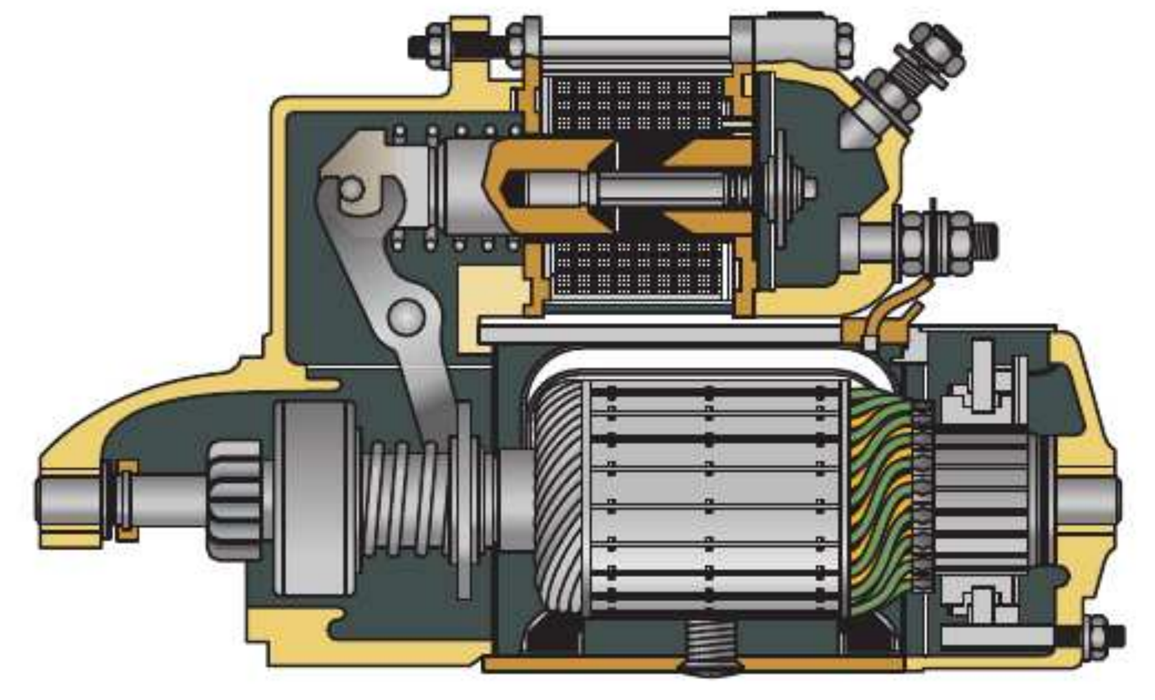
Cuando el engranaje se realiza mediante horquilla y contactor, el núcleo móvil dispone además de una escuadra situada en el extremo opuesto al contacto móvil. Con dicha escuadra se acciona la horquilla para producir el engranaje. En este caso, el contactor va incorporado al motor de arranque.

caso práctico inicial

Las espiras del bobinado del relé de arranque reciben la corriente de la llave de encendido cuando se gira a posición de arranque. El bobinado del relé crea un campo magnético capaz de desplazar el núcleo móvil, cerrar los contactos de alimentación del motor y desplazar el piñón para iniciar el arranque.



↑ **Figura 9.15.** Relé de arranque.



↑ **Figura 9.16.** Sección de un motor de arranque de engranaje por contactor y horquilla.

En otros tipos de motores de arranque, por ejemplo, el de engranaje por inercia (figura 9.17) el contactor es un elemento independiente.



↑ **Figura 9.17.** Motor de arranque de engranaje por inercia.

↑ **Figura 9.18.** Funcionamiento del motor de engranaje por inercia.

Conjunto piñón

El conjunto piñón (figura 9.19) está encargado de transmitir el par de giro y las revoluciones del inducido del motor de arranque a la corona dentada colocada en el volante de inercia. La reducción piñón-corona está comprendida entre 1/10 y 1/20 (figura 9.20).

recuerda

El módulo de una rueda dentada «*M*» es la relación existente entre el diámetro primitivo «d_p» y el número de dientes «*Z*»

$$M = \frac{d_p}{Z}$$

Si no conocemos el diámetro primitivo, se puede emplear la del diámetro exterior «d_e»

$$M = \frac{d_e}{Z + 2}$$





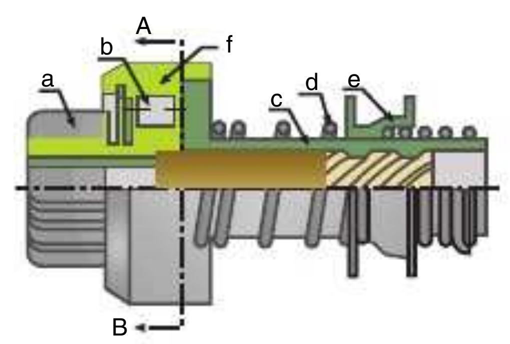
↑ **Figura 9.19.** Conjunto piñón.



↑ **Figura 9.20.** Conjunto piñón y corona dentada del volante de inercia.

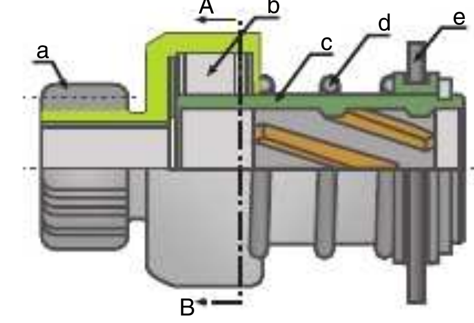
El conjunto piñón está compuesto por los siguientes componentes (figura 9.21):

- El piñón propiamente dicho (a), va apoyado sobre el eje del inducido a través de un casquillo, tiene un dentado recto y debe de tener el mismo módulo que la rueda dentada del volante de inercia.
- Un sistema de rueda libre de enclavamiento por rodillos (*b*), cuyas pistas, interior y exterior pertenecen al piñón y al eje soporte de leva. En función de dónde estén situadas las rampas donde se acuñan los rodillos, tendremos dos tipos de configuraciones:
  - Piñones de leva invertida, con las rampas talladas en el interior del soporte de leva (*f*).
  - Piñones de campana, con las rampas talladas en la zona exterior del soporte (c) (figura 9.22).
- Un muelle de compresión (*d*) montado coaxialmente en el eje soporte.





↑ **Figura 9.21.** Piñón de leva invertida.





↑ **Figura 9.22.** Piñón de campana.

recuerda

En la unidad 2 se estudió la regla de Fleming o de la mano izquierda, principio en el que se basa el funcionamiento de motores.

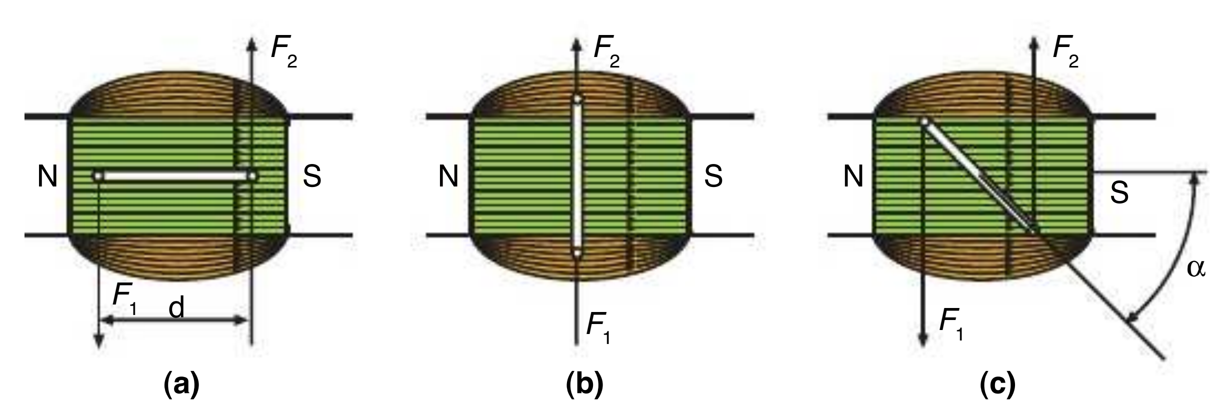
2.2. Principio de funcionamiento del motor de arranque

Un motor eléctrico es una máquina capaz de transformar la energía eléctrica procedente de una fuente externa (en nuestro caso, la batería) en energía mecánica.

Como hemos visto, en un conductor sometido a un campo magnético aparece una fuerza *F*. Como una espira tiene dos conductores que cortan el campo magnético estacionario por los que circula corriente en sentido opuesto, aparecerán dos fuerzas iguales y de sentido contrario, una a cada lado de la espira (F_1, F_2). Estas fuerzas producen un par de giro, cuyo valor depende de la posición de la espira y de la distancia entre los conductores (*d*).

$$\text{Par} = C = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

En la figura 9.23 están representadas diferentes posiciones de una espira respecto al campo magnético, en la posición (*a*) el par es máximo, mientras que en la posición (*b*) es mínimo e igual a cero. Es en este momento cuando se produce el cambio de polaridad en los conductores por la posición relativa de las escobillas respecto a las delgas del colector (conmutación), salvada la posición neutra, produciendo de nuevo el giro de la espira.



↑ **Figura 9.23.** Par producido por una espira.

saber más

Fuerza sobre un conductor rectilíneo

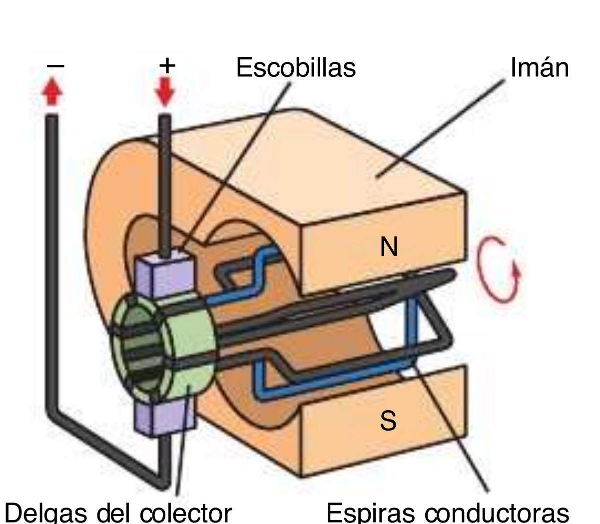
Todo conductor por el que circula una corriente de intensidad *I*, bajo la acción de un campo magnético *B*, experimenta una fuerza de valor:

$$F = B \cdot I \cdot L$$

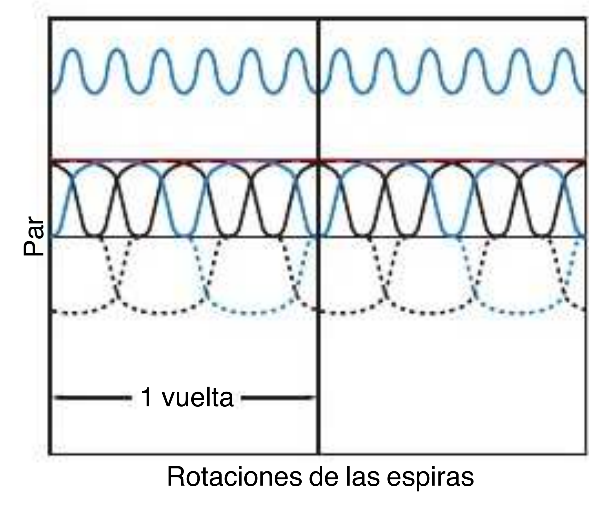
siendo *L* la longitud del conductor sometido al campo magnético.

La dirección de esta fuerza viene determinada por la ley de la mano izquierda.

Para aumentar el par motor, el campo magnético debe de ser lo más grande posible, para lo cual montamos las espiras sobre un núcleo cilíndrico de material magnético formando el inducido. A su vez, el circuito recorrido por las líneas de fuerza del campo magnético está rodeado por una carcasa de material magnético y no por el aire. Para eliminar los puntos muertos y obtener un par prácticamente constante, en lugar de colocar una espira se colocan varias repartidas de forma uniforme sobre el núcleo del inducido (figura 9.24). Queda así constituido básicamente un motor de corriente continua, con un par de rotación uniforme (figura 9.25).



↑ **Figura 9.24.** Espiras del inducido.



↑ **Figura 9.25.** Gráfica del par del colector de varias espiras.

2.3. Características eléctricas del motor de arranque

Vimos en el apartado 2.2, Principio de funcionamiento del motor de arranque, que si se alimenta un motor con una tensión U y circula por él una intensidad de valor I se produce un par de giro por la acción de efectos magnéticos que lo pone en movimiento. Cuando el motor está girando, actúa como un generador de corriente, produciendo una fuerza electromotriz, que se opone a la tensión aplicada.

Esta se denomina fuerza contraelectromotriz del motor (f.c.e.m.) y se representa por E'.

La f.c.e.m. (E') es directamente proporcional al flujo y a las revoluciones. Su fórmula es:

$$E' = \frac{\Phi \cdot n \cdot N \cdot 2p}{60 \cdot 2c}$$

E' = Fuerza contraelectromotriz (V).

Φ = Flujo en weber.

n = Velocidad de giro del inducido (r.p.m).

N = Número de conductores del inducido.

$2p$ = Polos del motor.

$2c$ = Circuitos derivados del inducido.

Por tanto, en todo momento, tendremos:

$$U = E' + I \cdot r_i$$

De donde:

$$I = \frac{U - E'}{r_i}$$

U = Tensión aplicada en bornes (V).

E' = Fuerza contraelectromotriz (V).

I = Intensidad máxima absorbida (A).

r_i = Resistencia en su circuito interno (Ω).

Fórmula fundamental del motor de arranque (motor de corriente continua)

De lo anterior deducimos que el par motor es función de la intensidad que circula por su inducido, aumentando directamente con ésta y con el flujo útil por polo:

$$C = K \cdot \Phi \cdot I$$

Balance de potencias

Si en la expresión $U = E' + I \cdot r_i$, multiplicamos ambos miembros por I, tendremos:

$$U \cdot I = E' \cdot I + I^2 \cdot r_i$$

Siendo:

$U \cdot I$ = Potencia suministrada por la batería.

$E' \cdot I$ = Potencia que se puede transformar en mecánica (tendremos que restarle las pérdidas mecánicas).

$I^2 \cdot r_i$ = Potencia eliminada por efecto Joule (calor).

ACTIVIDADES

1. Si la tensión en bornes de un motor de arranque, despreciando la caída de tensión en el circuito exterior, es de 12 V y la resistencia interna del circuito es de 0,04 Ω, ¿cuál será la intensidad máxima absorbida por el motor? ¿Y la potencia absorbida?
2. Si en el motor del ejemplo anterior la f.c.e.m. generada a 5.000 r.p.m. para su funcionamiento en vacío es de 9 V, la intensidad absorbida a ese régimen es…



2.4. Tipos de motores de arranque y su funcionamiento

Los motores de arranque para automoción son máquinas de corriente continua.

Se clasifican, según el tipo de excitación, en:

- **Motores con excitación por imanes permanentes**. Estos motores son muy empleados. Sus características principales son: reducido peso, bajo par y altas revoluciones, lo que obliga a su montaje con reductora.
- **Motores con excitación en serie**. Las bobinas que forman la excitación van conectadas en serie con el inducido. Este tipo de excitación es muy utilizado en los motores de arranque para automoción. Posee un gran par de giro y altas revoluciones en vacío.
- **Motores con excitación *shunt***. Las bobinas que componen la excitación están conectadas en paralelo con el inducido. Debido a que su consumo es elevado en el arranque, son poco utilizados, salvo en algún caso para puesta en marcha de grandes motores Diesel.
- **Motores con excitación *compound*.** Son motores en serie con un arrollamiento auxiliar conectado en paralelo. Se emplean cuando se necesitan grandes potencias.

El devanado auxiliar limita la velocidad máxima a la que pueden girar en vacío y facilita un acoplamiento suave entre el motor de arranque y el térmico.

Atendiendo al sistema de acoplamiento empleado, existe un gran número de tipos, tales como motores de arranque preconectados con engranaje por electroimán o motores de arranque de desplazamiento axial y conmutación en dos etapas, etc.

2.5. Motores de engranaje por horquilla y contactor

Funcionamiento. Al colocar el interruptor general (llave de contacto) en posición de arranque, pasa corriente de mando desde la batería a los arrollamientos del contactor o relé de arranque (en algunos casos el contactor solo tiene un arrollamiento), creando un campo magnético que atrae el núcleo móvil.

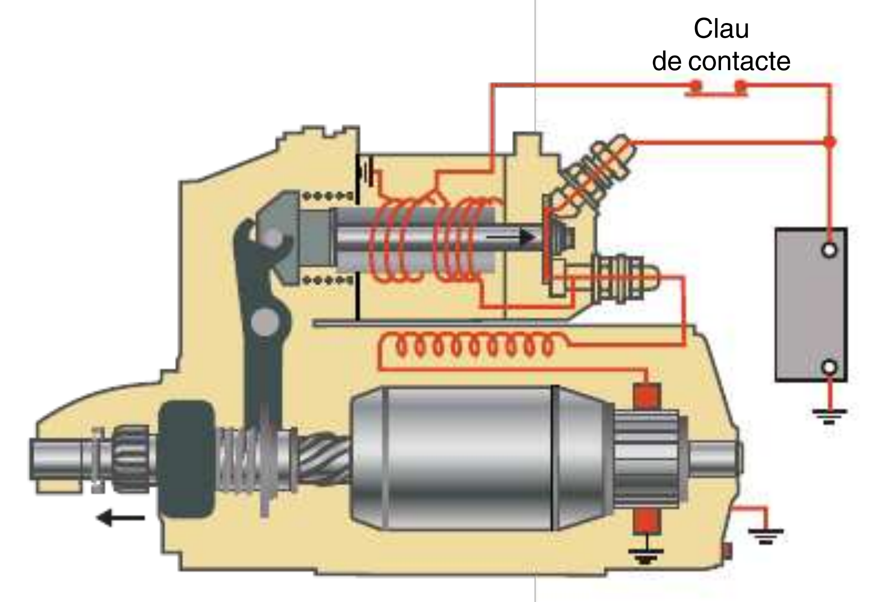
Este desplazamiento realiza dos funciones: el avance y engranaje del piñón en la corona del motor térmico, y el cierre de los contactos principales del contactor, con lo que la corriente principal pasa ahora desde el acumulador al motor con su excitación en serie (figura 9.26).

Si, en el movimiento de avance, los dientes del piñón encuentran los huecos de la corona, se produce el engranaje. Si, por el contrario, los dientes del piñón tropiezan con los de la corona, el piñón no puede seguir avanzando y frena al núcleo del relé, que en esta situación no se desplaza lo suficiente para cerrar los contactos del contactor. De esta forma, no es posible que el motor eléctrico se ponga en marcha pero, para estas condiciones, un muelle interno del núcleo del contactor cede, permitiendo que este siga realizando su carrera, sin arrastrar a la horquilla, hasta establecer la conexión de los contactos. En ese momento pasa la corriente al motor, y comienza a girar.

Cuando esto sucede, los dientes del piñón encuentran los huecos del dentado de la corona y se produce el engranaje.

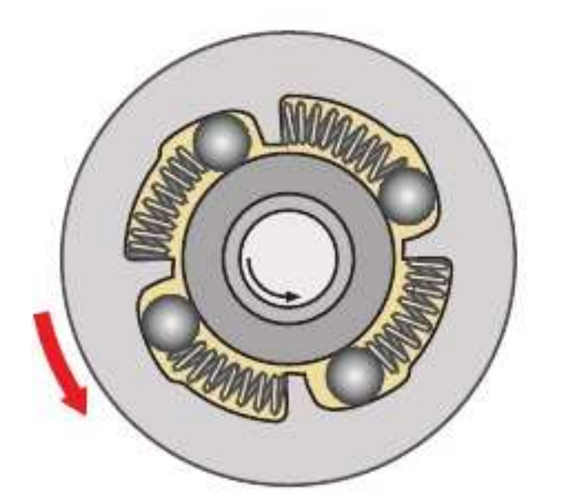
caso práctico inicial

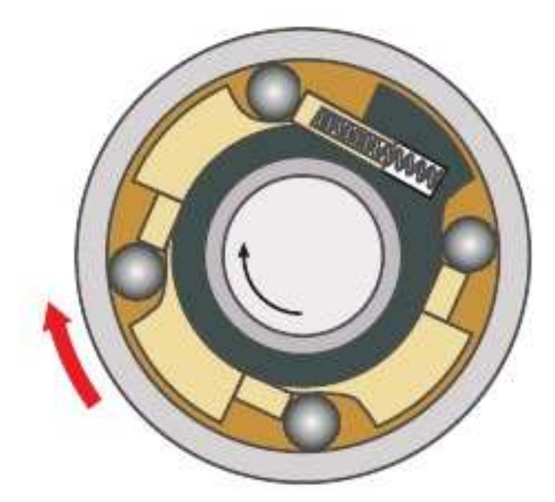
La avería que el BMW parece tener es que no se desplaza el piñón de arranque en la corona dentada para iniciar el arranque, si no se realizan verificaciones eléctricas, no se puede saber si falla la llave de contacto o el relé de arranque.



↑ **Figura 9.26.** Esquema de funcionamiento de un motor con contactor y horquilla.

Una vez se ha engranado el piñón en la corona, el movimiento del inducido se transmite al piñón y, al quedar enclavado el mecanismo de rueda libre, pone en movimiento la corona del motor térmico. Puesto en marcha el motor térmico, la corona hace girar al piñón más deprisa que el inducido, con lo que el mecanismo de rueda libre se desenclava para no transmitir esa velocidad al inducido (figura 9.15).



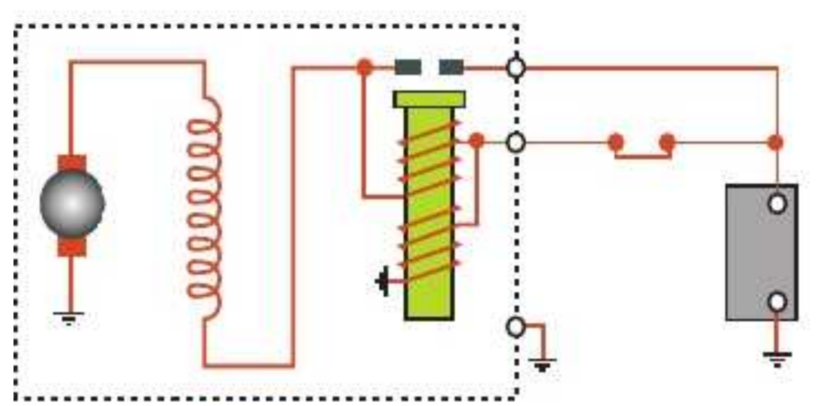


↑ **Figura 9.27.** Rueda libre en posición de desenclavamiento.

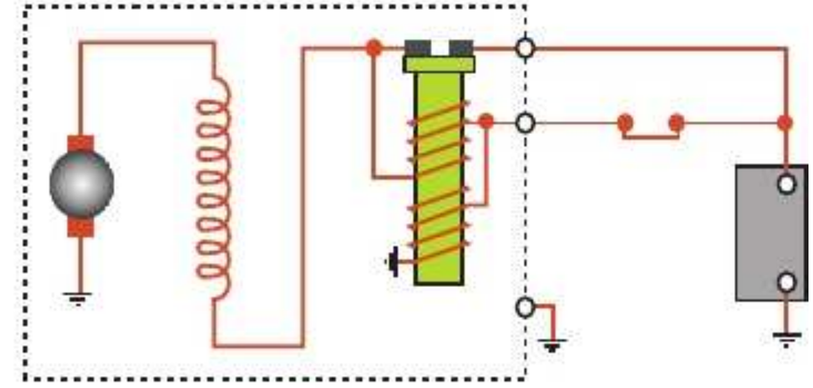
Al quitar la llave de la posición de arranque, se queda sin corriente el contactor.

El muelle hace que el núcleo recupere su posición inicial abriendo los contactos, por lo que el motor eléctrico queda sin alimentación, y posteriormente desengranando el piñón por medio de la horquilla.

Como hemos indicado, los contactores pueden tener dos arrollamientos, el de retención y el de accionamiento, o uno solo que realiza ambas funciones. En el primer caso (figura 9.28), el arrollamiento de accionamiento se conecta en paralelo con los contactos principales. Al accionar el interruptor de arranque, pasa corriente por los dos arrollamientos y se suman sus fuerzas de atracción. Al cerrarse los contactos principales, el arrollamiento de accionamiento es cortocircuitado y el núcleo móvil queda sujeto únicamente por la fuerza de atracción del arrollamiento de retención.




a) Contactor en fase de lanzamiento con sus dos bobinas trabajando



b) Contactor con la bobina de lanzamiento cortocircuitada

↑ **Figura 9.28.** Esquema eléctrico de los bobinados del relé.

2.6. Motores con reductora

Los motores con reductora se emplean en los siguientes casos:

- Motores de arranque de vehículos que tienen un elevado par resistente en el arranque, motores Diesel de mediano y gran tamaño.
- Motores de arranque con imanes permanentes, con bajo par.





↑ **Figura 9.29.** Reductora con tren epicicloidal.

La reductora de los motores de arranque está compuesta generalmente por un tren de engranajes epicicloidales (planetario).

El tren epicicloidal consta de un piñón central incorporado en el eje del inducido; una caja portasatélites, cuyos tres piñones satélites se engranan interiormente con el piñón del inducido, del que reciben el movimiento; y por el exterior en una corona de dentado interior fija a la carcasa (figura 9.29). El giro del motor de arranque, una vez reducido y multiplicado su par, sale por el eje del portasatélites. Sobre este eje se desplaza, por medio de la horquilla, el conjunto piñón.

3. Pruebas y comprobaciones

3.1. Comprobación del motor de arranque

Previamente a la realización de las pruebas del motor de arranque sobre el vehículo, se comprueba el estado de carga de la batería y si el acumulador está parcialmente descargado, se carga. Seguidamente se procede a la desconexión de todos los servicios.

En las condiciones anteriormente indicadas, se acciona el conmutador de encendido y arranque, para observar si el arranque del motor térmico se realiza correctamente. Se comprueba que, al desconectar el conmutador, se realiza la desconexión entre el piñón y la corona del motor térmico. De observar alguna anomalía, debe repetirse la operación encendiendo previamente las luces del vehículo, comprobando en qué grado queda afectada la luminosidad de las mismas al accionar el motor de arranque y, según el resultado, comprobando el estado del acumulador.

caso práctico inicial

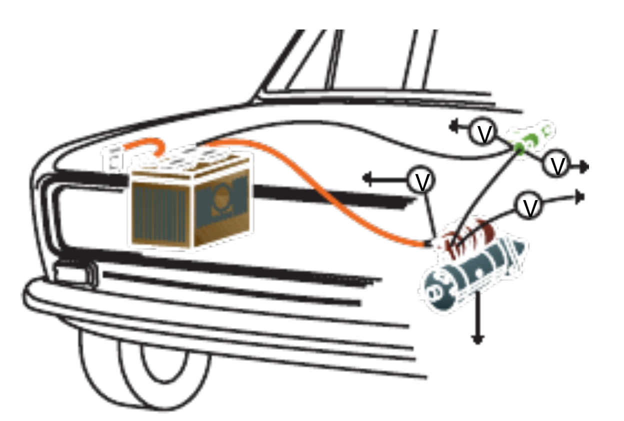
Para poder localizar la avería eléctrica en el circuito de arranque del BMW, la primera comprobación, puede ser, medir la tensión en el borne 50 del relé.

Si la tensión se aproxima a la tensión de batería, la llave de contacto y su circuito se encuentran bien. Al quitar la llave de posición de arranque, la tensión es 0 V.

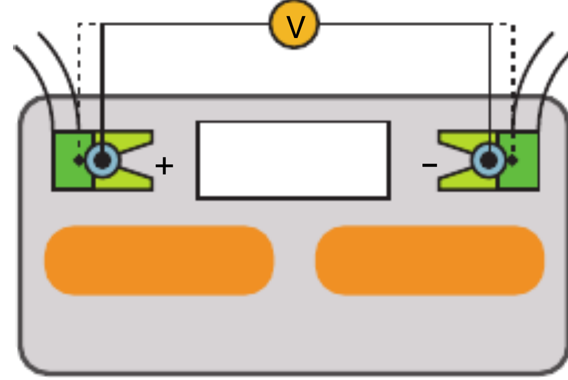
Se verifican las posibles caídas de tensión en el circuito de alimentación del contactor y, particularmente, en el conmutador de arranque, para lo cual se desconecta el encendido del vehículo (motores de gasolina) o la alimentación (motores Diesel). Accionando el motor de arranque por medio de un polímetro se observará que no existen diferencias apreciables de tensión entre:

- Los bornes del interruptor de puesta en marcha y masa (véase la figura 9.30).
- Los bornes de entrada al contactor y masa (máx. 2 V) (véase la figura 9.30).
- Los bornes de la batería (La tensión leída debe estar alrededor de 9,5 V). Véase la figura 9.30.
- Los terminales de conexión a los bornes de la batería (tensión leída debe estar alrededor de 9,5 V). Véase la figura 9.31.

Si se detectan caídas de tensión superiores, es señal de la existencia de defectos en el circuito de arranque. Conexiones o piezas defectuosas y bornes flojos principalmente.



↑ **Figura 9.30.** Medición de la caída de tensión en el circuito de arranque.



↑ **Figura 9.31.** Medición de la caída de tensión en la batería.

3.2. Comprobación de piezas y conjuntos

Antes de proceder al control de los componentes, se efectúa una cuidadosa limpieza de los mismos, eliminando la grasa, barro, polvo, etc.

El polvo de carbón formado por el desgaste de las escobillas se deposita en el interior del motor y puede falsear las verificaciones. Para eliminar el polvo de carbón se sopla con aire comprimido y se lava con líquidos detergentes muy volátiles para garantizar un perfecto secado. No se deben sumergir los arrollamientos en líquidos que ataquen el aislamiento ni tampoco en disolventes. Tras el lavado, se pueden secar con aire comprimido para eliminar la humedad.

Comprobación del inducido

- **Comprobaciones visuales**

  Las muñequillas del eje deben presentar buen aspecto. No deben presentar señales de un desgaste excesivo, rayas, gripaduras, golpes o señales de oxidación. El estriado del eje o de los dientes del piñón (en motores con reductora) debe estar limpio, exento de partículas extrañas y no deberá presentar señales de un desgaste excesivo, golpes u oxidación.



↑ **Figura 9.32.** Control de la excentricidad con reloj comparador.

- **Comprobaciones mecánicas**
  - Colocar el inducido apoyando el eje sobre dos calzos en V (figura 9.32); la punta del reloj comparador al núcleo de chapas y al colector. La excentricidad máxima no debe sobrepasar la indicada por el fabricante (entre 0,05 y 0,15 mm).
  - Si la superficie de rodadura del colector tuviera un desgaste excesivo o aspecto rugoso, se procederá a repasar con papel de lija o si es muy grande mecanizando en el torno, respetando el diámetro mínimo indicado por el fabricante.
  - Si con el mecanizado desaparecen las ranuras de los aislantes entre delgas, se repasan con una hoja de sierra (figura 9.33). Las dimensiones de las ranuras deben ser de 0,9 a 1,1 mm de anchura por 1mm de profundidad
- **Comprobaciones eléctricas**
  - **Prueba de cortocircuito**. Mediante un transformador en V (roncador) y una lámina metálica, comprobar que no hay cortocircuito en las bobinas.

    Para ello, una vez dispuesto el inducido sobre el roncador, haremos girar el mismo colocando la lámina metálica sobre la superficie de las láminas del núcleo (figura 9.34). Si en algún punto se nota que la lámina es atraída por el núcleo es que existe un cortocircuito en el bobinado.



↑ **Figura 9.33.** Repaso de las ranuras del colector.



↑ **Figura 9.34.** Comprobación de la existencia de cortocircuito sobre roncador.





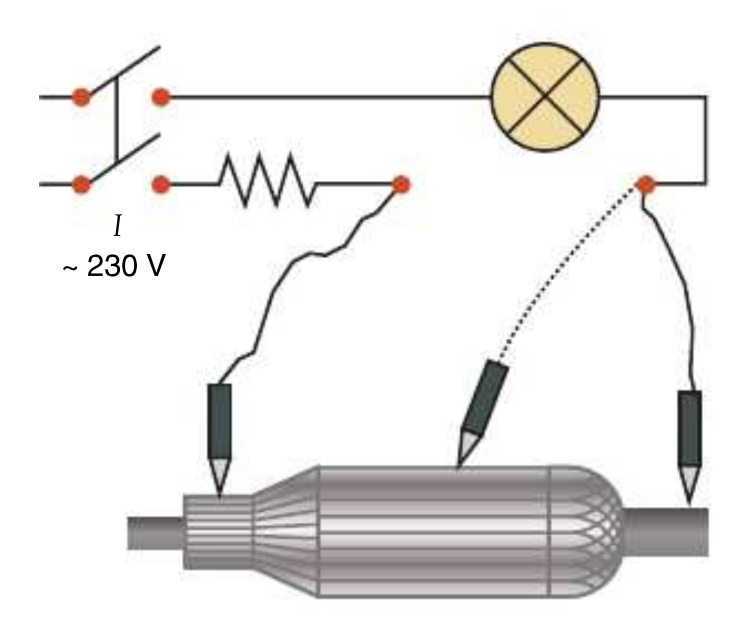
↑ **Figura 9.35.** Prueba de continuidad en el inducido por medio de un polímetro.

– **Prueba de continuidad**. Por medio de un polímetro, efectuaremos el control tantas veces como delgas posee el colector. Procederemos a seleccionar la escala de resistencia en el polímetro, disponiendo las puntas de pruebas sobre dos delgas continuas (véase la figura 9.35).

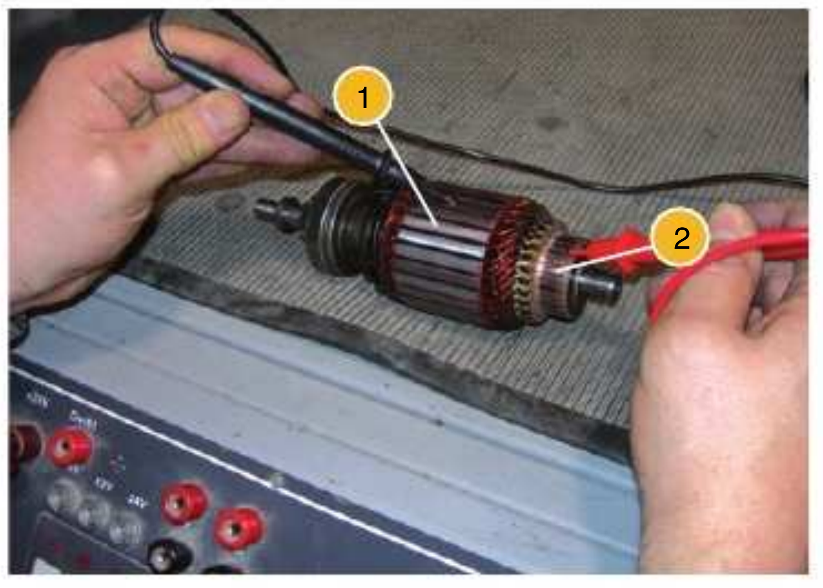
Realizaremos mediciones avanzando las puntas de prueba una delga sobre toda la periferia del colector. En cada medición, debido a la pequeña resistencia del arrollamiento, se pondrá de manifiesto un valor próximo a cero. Si en alguna medición se observa un valor muy elevado de resistencia, el arrollamiento inducido tiene una mala conexión.

La conexión defectuosa suele estar casi siempre localizada en la soldadura del colector a los terminales de las bobinas. Esta resistencia da lugar a un chisporroteo excesivo en la delga afectada, produciendo una elevación de la temperatura que llega a quemar el colector. Un cambio en la coloración, una quemadura de una zona del colector o un chisporroteo excesivo en el mismo suelen indicar que existe una falta de continuidad en el inducido.

- **Prueba de aislamiento.** Verificar, mediante un comprobador de aislamiento, el aislamiento a masa entre las delgas del colector (2) y el eje del inducido (1) (figura 9.37).



↑ **Figura 9.36.** Esquema de comprobación del aislamiento con una lámpara serie.



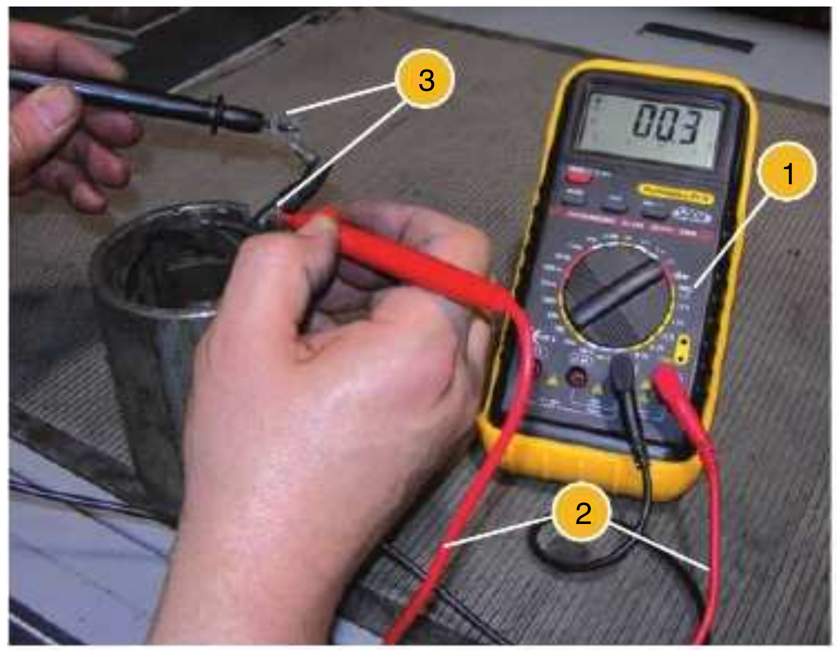
↑ **Figura 9.37.** Prueba de aislamiento a masa con un comprobador.

En caso de no disponer de un comprobador de aislamiento, se puede utilizar una lámpara en serie de 15 W/230 V (figura 9.36).

Comprobación de la carcasa y las bobinas inductoras

- **Visuales.** Comprobar que no están partidos los puentes que unen a las bobinas entre sí.
- **Mecánicas.** Comprobaremos que están bien apretados los tornillos que fijan las masas polares y que el diámetro interno de las mismas se encuentra comprendido dentro de los valores marcados por el fabricante.
- **Comprobación de la continuidad y la resistencia de las inductoras.** Por medio de un polímetro, seleccionando la escala de resistencia, o de un óhmetro, comprobaremos la continuidad y resistencia de las bobinas inductoras, aplicando las puntas de pruebas del instrumento de medida entre el borne de entrada y el extremo del conjunto inductor (figura 9.38).



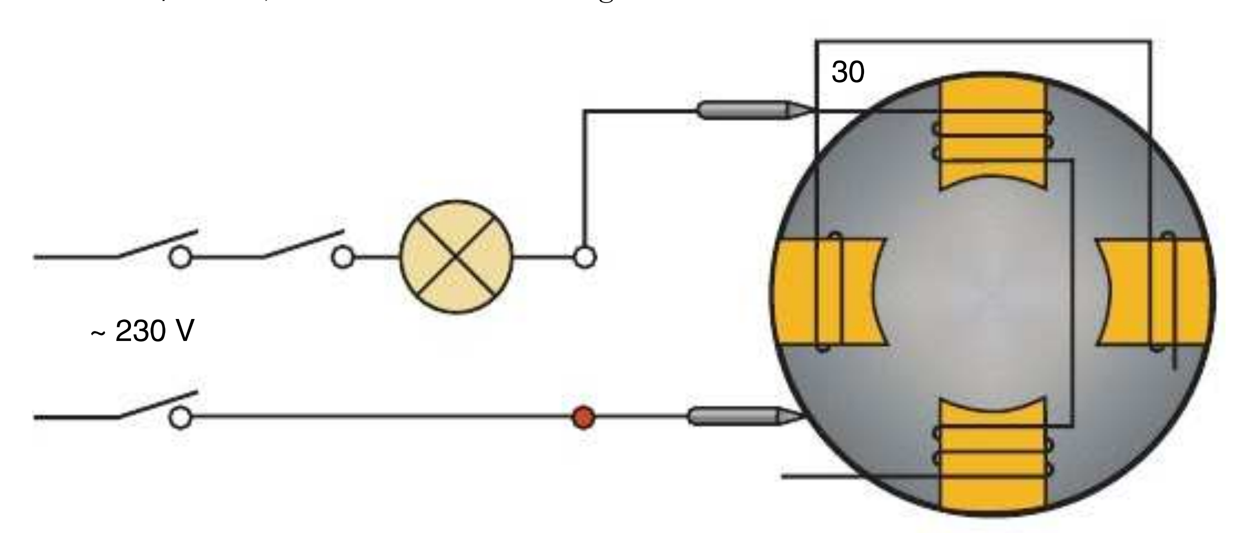


↑ **Figura 9.38.** Prueba de continuidad y resistencia de las inductoras.

Comprobación del aislamiento del arrollamiento inductor

Aplicando los cables de prueba de un comprobador de aislamiento, uno sobre el terminal inductor y el otro sobre la carcasa, la lámpara debe permanecer apagada (figura 9.39).

Si no se dispone de un comprobador de aislamiento, utilizar una lámpara en serie de 15 W/230 V, tal como muestra la figura 9.40.



↑ **Figura 9.40.** Esquema comprobación del aislamiento a masa, con una lámpara serie de 230 V.



↑ **Figura 9.39.** Comprobar el aislamiento a masa de las bobinas inductoras.

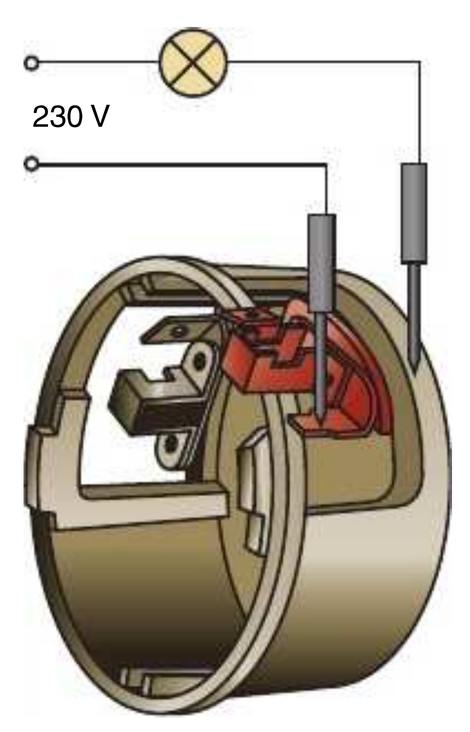
Comprobación de los soportes del lado colector y del lado de accionamiento

Los casquillos de los soportes en donde se aloja el eje del inducido no deberán presentar un desgaste excesivo, ni estar desplazados fuera de su alojamiento. En caso de presentar anomalías, se debe proceder a la sustitución de estos.

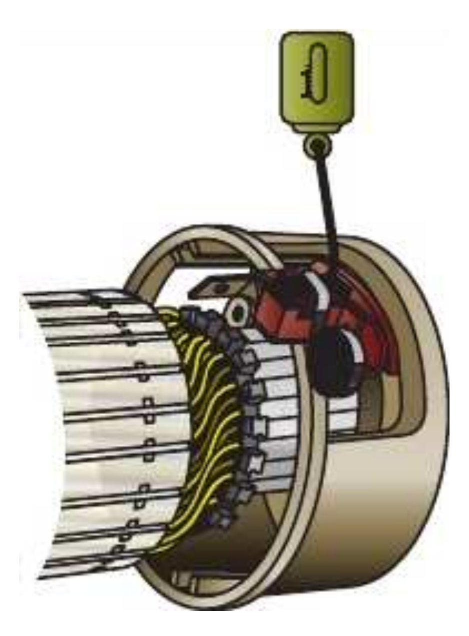
Comprobación de los portaescobillas

Los portaescobillas no deben estar deformados y el deslizamiento de las escobillas debe ser libre. Estas no deben estar sucias, rotas o deformadas. Limpiar los portaescobillas con un limpiador adecuado, secándolos posteriormente con aire.





↑ **Figura 9.41.** Comprobación del aislamiento de la portaescobilla positiva con una lámpara de 230 V.



↑ **Figura 9.42.** Comprobación de la presión de las escobillas con un dinamómetro.

caso práctico inicial

Si la llave de contacto está bien, la siguiente comprobación se debe realizar en el relé de arranque, continuidad y resistencia de los bobinados y eficacia para cerrar los dos contactos principales del relé.

- **Prueba de aislamiento.** Por medio de un comprobador de aislamiento, verificar el perfecto aislamiento a masa de los portaescobillas positivos. Disponer las puntas de pruebas sobre el portaescobillas positivo y sobre la carcasa. El indicador óptico debe permanecer apagado.

  Si no se dispone de un comprobador de aislamiento, se puede utilizar una lámpara en serie de 15 W/230 V (figura 9.41).

Comprobación de las escobillas

La longitud de las escobillas no debe ser inferior al valor prescrito por el fabricante a fin de no comprometer el funcionamiento del motor de arranque (insuficiente contacto de las escobillas con el colector). Deberán ofrecer una buena superficie de asiento y no presentar desprendimientos de material. Es recomendable, al efectuar cualquier reparación, sustituir las escobillas por otras nuevas.

- **Comprobación de la presión que ejercen los muelles.** Por presión de las escobillas se entiende la fuerza con que cada una de ellas es oprimida contra el colector. Si la presión es demasiado elevada, el desgaste de las escobillas y del colector es muy grande. Si la presión es demasiado baja, se produce un fuerte chisporroteo, el colector se quema y el motor de arranque no desarrolla suficiente potencia.

  La presión de las escobillas se mide con un dinamómetro (0-2 kgf), levantando con él el resorte por el punto en que se apoya sobre la escobilla, según muestra la figura 9.42.

Comprobación del conjunto piñón

Verificaremos el buen estado del piñón: los dientes no deberán presentar deformaciones, ni desgastes en sus frentes o superficies de trabajo.

Las acanaladuras interiores del conjunto piñón no deberán tener deformaciones o partículas extrañas en su interior que impidan el suave deslizamiento del piñón en el eje del inducido.

Se comprobará que la rueda libre funciona correctamente, que queda bloqueada en un sentido de giro y gira libremente en el contrario.

Comprobación del contactor

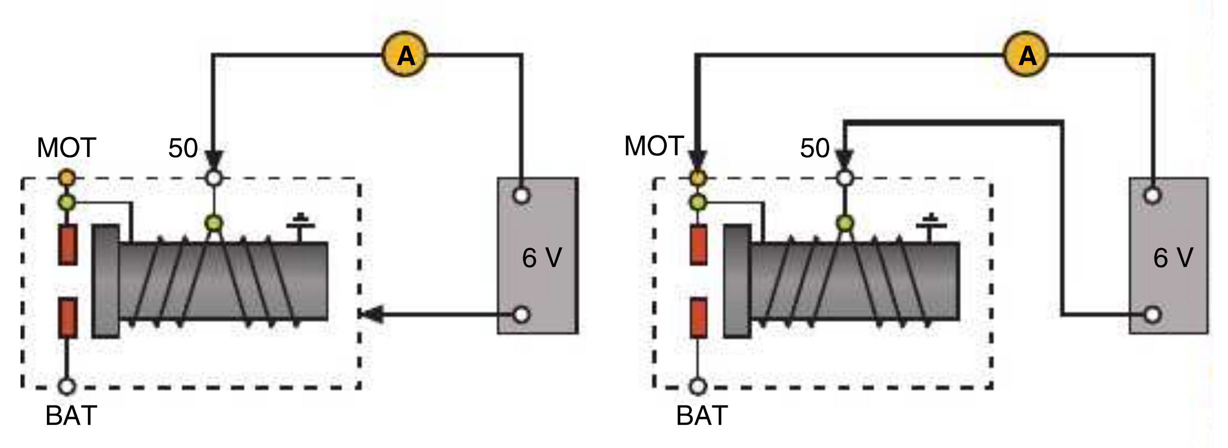
- **Prueba de eficacia**. Introduciendo manualmente, o con ayuda de las mordazas de un tornillo de banco, el núcleo del contactor hasta el final de su recorrido, la resistencia de los contactos debe ser mínima (figura 9.43).



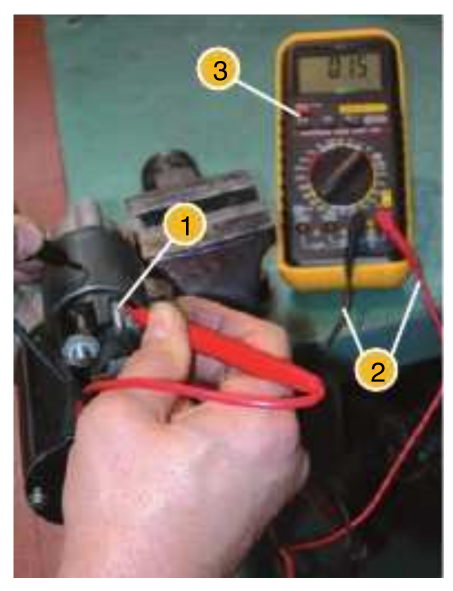
↑ **Figura 9.43.** Comprobar la resistencia de los contactos principales del relé.

- **Comprobación de las resistencias de sus arrollamientos.** Se efectuará la medición por el método volt-amperimétrico. Aplicando una tensión de 6 V entre el borne 50 y masa, comprobamos el consumo del arrollamiento de retención. Entre el borne 50 y MOT, se comprueba el consumo del arrollamiento de lanzamiento o excitación (figura 9.44). Estos valores deben de encontrarse dentro de los indicados por el fabricante, si no hay paso de corriente indica que el bobinado se encuentra cortado.

  Otra forma de comprobar el estado de los bobinados se realiza midiendo con el óhmetro la continuidad y su resistencia interna de cada bobina. La bobina de retención se comprueba entre el borne 50 y masa. La bobina de excitación se comprueba entre el borne 50 y la salida de corriente al motor (figura 9.45).



↑ **Figura 9.44.** Esquema de conexiones para el control de las bobinas del contactor.



1. Contactor
2. Conductor para prueba
3. Aparato comprobador

↑ **Figura 9.45.** Prueba de continuidad y resistencia de los arrollamientos del contactor.

3.3. Comprobaciones sobre el banco

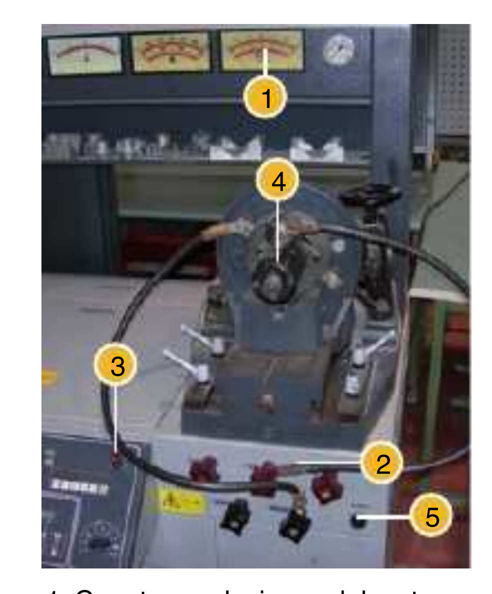
Para realizar estas pruebas procederemos a montar en el banco una corona dentada de módulo igual al indicado en las características del motor (módulo del piñón) si no se dispone de una corona con el mismo módulo, no se puede realizar la prueba del motor con carga.

Una vez colocado el motor en el banco el engranaje piñón-corona se debe realizar de forma similar a como tiene lugar sobre el vehículo (figura 9.46). Atenderemos las siguientes pautas:

- Asegurarse de que en reposo no roza el piñón con la corona.
- Al efectuarse el engranaje, debe introducirse en la corona al menos 2/3 del dentado del piñón, sin que roce la corona en la campana del piñón.
- El piñón no debe encontrar interferencia con la corona al realizar el engranaje, debe existir una ligera holgura entre ambos. Una vez colocado en situación correcta, sujetar fuertemente el motor en el banco para evitar que se mueva durante la prueba.

Una vez sujeto correctamente el motor en el banco procederemos a realizar las siguientes pruebas:

- **Prueba en vacío.** Para realizar esta prueba, la corona del banco estará retirada del piñón, de forma tal que al avanzar no se realice el engranaje. A continuación, alimentar el motor a su tensión nominal a través del banco, controlar la rumorosidad, la corriente absorbida y el régimen de giro, comprobar que los valores obtenidos se corresponden con los indicados en el cuadro de características del fabricante.



1. Cuentarrevoluciones del motor de arranque
2. Cable portacorriente al motor de arranque
3. Conductor para excitación del electroimán
4. Motor de arranque
5. Interruptor de arranque

↑ **Figura 9.46.** Prueba en banco del motor de arranque.

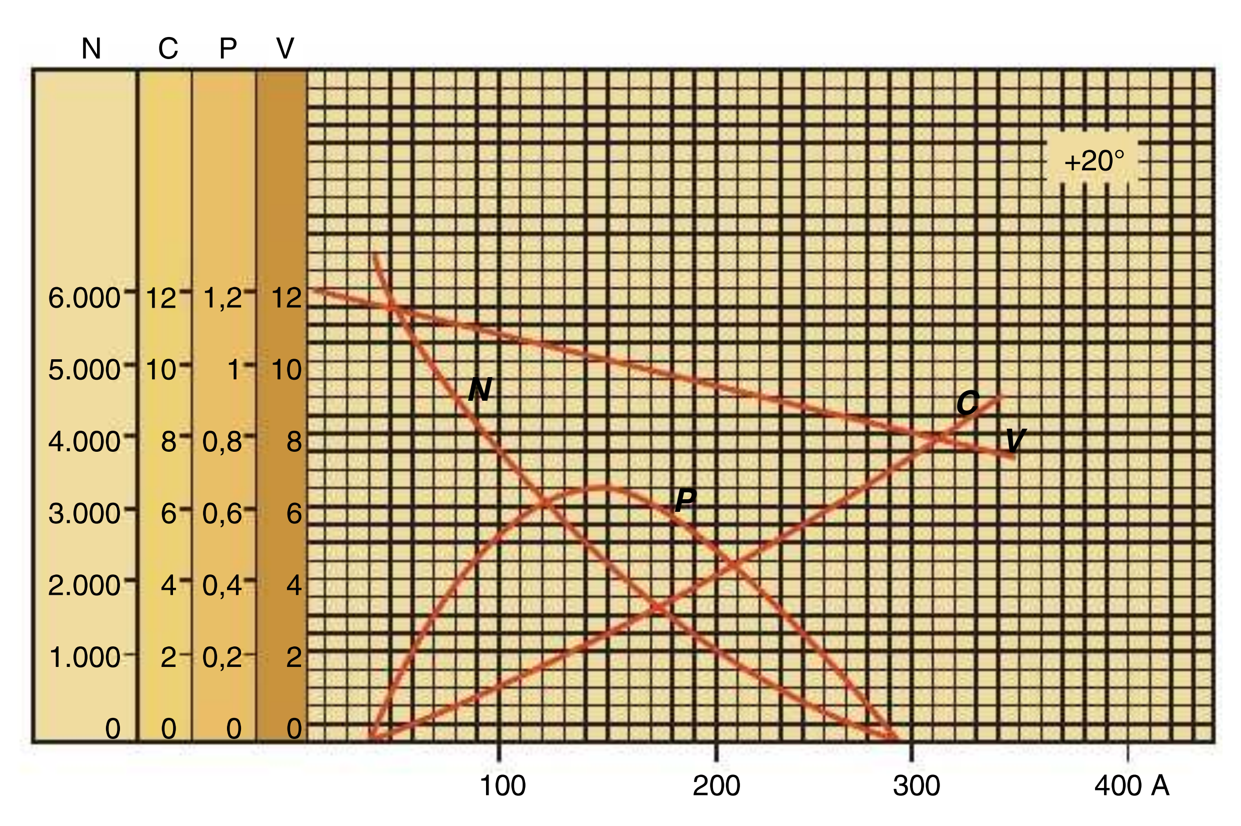


- **Prueba a par blocado.** Esta prueba se ha de realizar con rapidez, como máximo durante tres segundos, con el fin de no dañar la batería ni calentar excesivamente el motor de arranque.

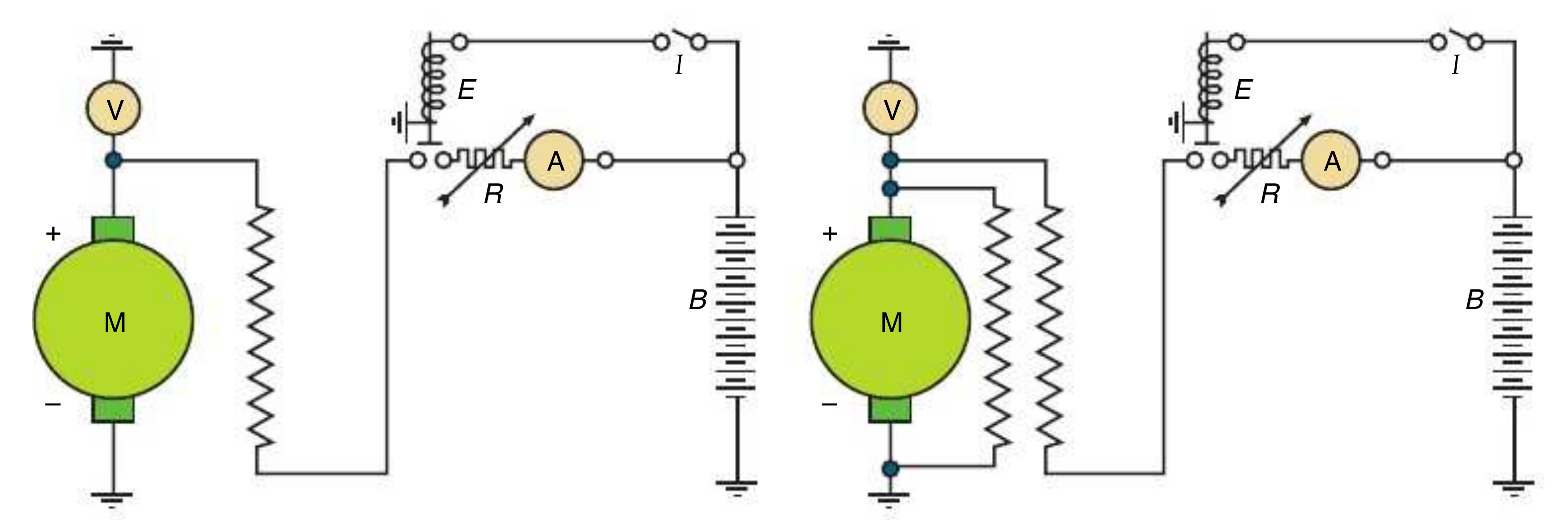
  Una vez bloqueada la corona del banco, se acciona el motor, y se comprueba que el consumo es el indicado en el cuadro de características del motor.

  Comprobar que, en estas condiciones, el sistema de enclavamiento funciona correctamente, es decir, al quedar bloqueado el piñón por la corona el inducido no gira.

- **Prueba de funcionamiento a máxima potencia.** Haciendo girar el motor de arranque arrastrando la corona del banco, se frena esta lentamente hasta conseguir el valor de corriente absorbida, correspondiente a la potencia máxima. En estas condiciones, comprobar que los valores de par, tensión y régimen de giro son los prescritos en la curva característica del motor (figura 9.47).



↑ **Figura 9.47.** Curvas características de un motor de arranque.



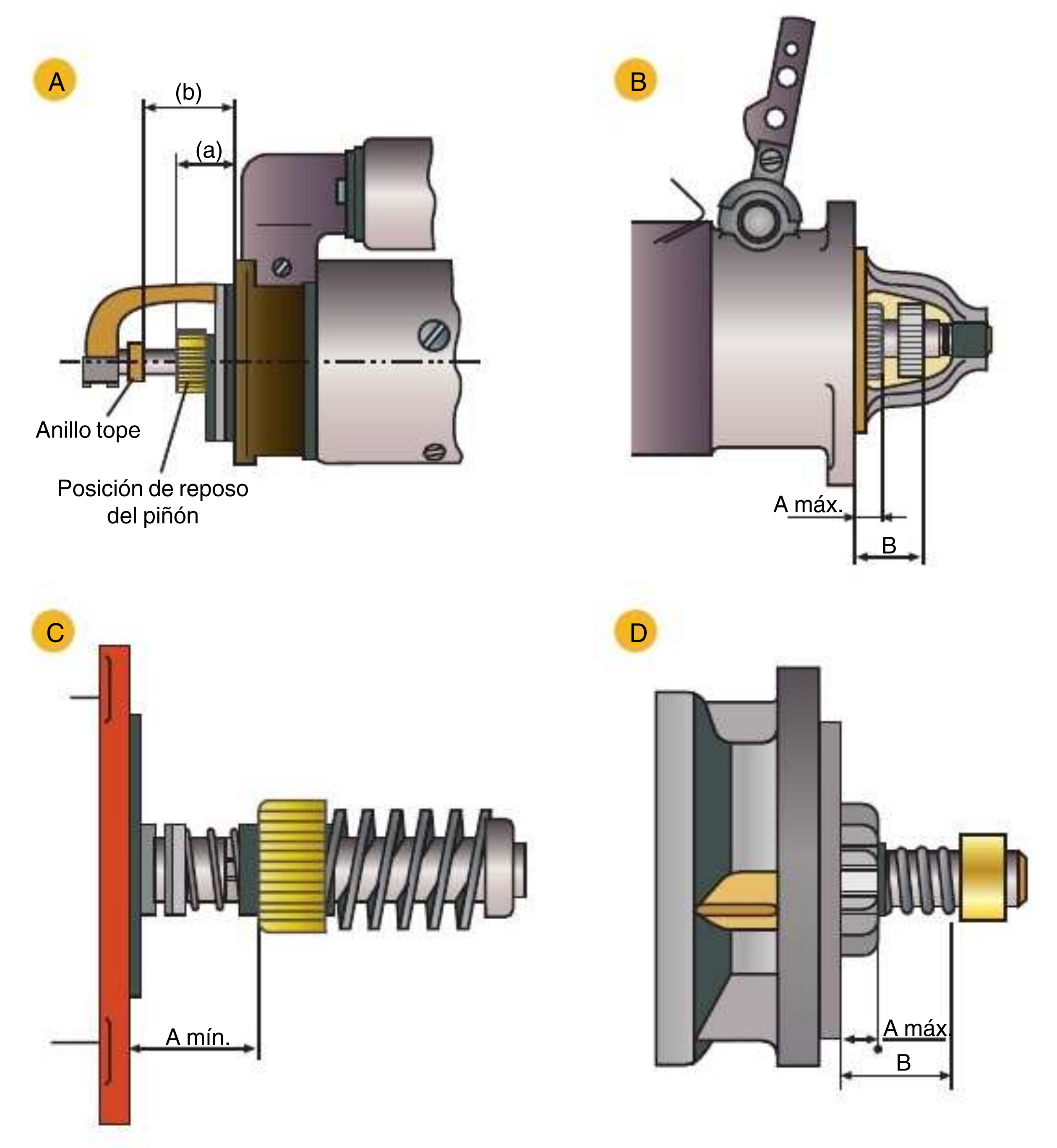
↑ **Figura 9.48.** Esquema de las conexiones eléctricas para la prueba de funcionamiento en el banco del motor de arranque con la bobina inductora en serie.

↑ **Figura 9.49.** Esquema de las conexiones eléctricas para la prueba de funcionamiento en el banco del motor de arranque con bobinas inductoras en serie-paralelo.

- **Control del desplazamiento del piñón.** La carrera del piñón es la carrera total que este realiza desde la posición de reposo hasta la de trabajo.

  Aplicando corriente al contactor del motor de arranque, se comprobará que el desplazamiento del piñón se efectúa sin dificultades.

  Tanto la posición de reposo (a), como la de máximo avance del piñón (b), deben cumplir los valores marcados por el fabricante (véase figura 9.50).



↑ **Figura 9.50.** Control del desplazamiento del piñón en distintos tipos de motor.

Control del retroceso del piñón

Comprobar que el piñón retrocede a la posición inicial y se desencaja con facilidad de su anclaje en la corona al cortar la corriente de excitación en el borne 50 del relé.

Si el piñón no consigue retroceder y se queda anclado se deberá comprobar las conexiones eléctricas y el desplazamiento de la horquilla hasta conseguir que se desacople con facilidad.



4. Mantenimiento del motor de arranque

Debido a su robustez, no es necesario prestar al motor de arranque una vigilancia especial. Pero para asegurarse una vida máxima y libre de problemas de funcionamiento, es aconsejable realizar a intervalos regulares las normas de mantenimiento que a continuación se indican. Como el motor de arranque se encuentra generalmente colocado en un lugar de difícil acceso, pocas atenciones de mantenimiento podrán realizarse sin desmontar el motor de arranque. La frecuencia de las mismas depende de las condiciones de servicio.

- Se comprobará que las tuercas de fijación de los terminales están bien apretadas.

  Los terminales deben estar perfectamente sujetos y limpios. Vigilar especialmente que no existan roturas en los cables ni deterioro en su aislamiento por ácidos o roces.

- Limpiar la zona donde están las escobillas para que no se introduzca polvo o suciedad. Retirar la tapa protectora de las escobillas. Comprobar que las escobillas se mueven libremente en sus alojamientos. Si una escobilla no desliza correctamente, será necesario sacarla de su alojamiento y limpiar el interior del portaescobillas.

  Al volver a montar la escobilla, asegurarse de que queda colocada en su posición original para que coincida la curvatura de la superficie de contacto con la periferia del colector.

- Comprobar la longitud de las escobillas y sustituirlas si no tienen la medida mínima indicada por el fabricante.
- Comprobar que los muelles se mueven libremente y sin agarrotamientos.
- La superficie del colector debe estar limpia, sin trazas de aceite, gasolina, etc.

  Si no fuera así, debe eliminarse la suciedad presionando contra el colector una tela limpia, seca y sin pelusa, mientras se gira a mano el inducido. Si la superficie del colector estuviese dañada se procederá a su torneado.

- En caso de que las conexiones de las escobillas estén aisladas, comprobar que el aislamiento de las mismas no está roto o quemado. De ser así, reemplazar el juego de escobillas.

ACTIVIDADES

3. Busca en Internet o en la biblioteca más información acerca de los motores de arranque.

4. Realiza varias fotografías a distintos vehículos donde puedas ver este tipo de motores.

5. Realizar la sustitución de un motor de arranque sobre el vehículo.

6. Sobre un motor de arranque despiezado, realizar un control visual de sus piezas y anotar las anomalías.

7. Realizar un cambio de escobillas a un motor de arranque.

8. Realizar los distintos controles eléctricos a un motor de arranque.



5. Sistema de arranque con pulsador (automáticos)

En los modelos con arranque automático (sin llave) la excitación del relé del motor de arranque no se realiza con corriente directa desde la llave de contacto. La orden de arranque se realiza desde un módulo de gestión del arranque. El módulo recibe la señal de arranque desde un pulsador, colocado en el salpicadero (figura 9.51) y antes de mandar la señal eléctrica al relé para el arranque, realiza las siguientes comprobaciones eléctricas:

- Comprueba el código de seguridad del antirrobo.
- El motor de combustión se encuentra parado.
- La tensión de la batería es suficiente para realizar el arranque.
- Posición neutra de la caja de cambios.

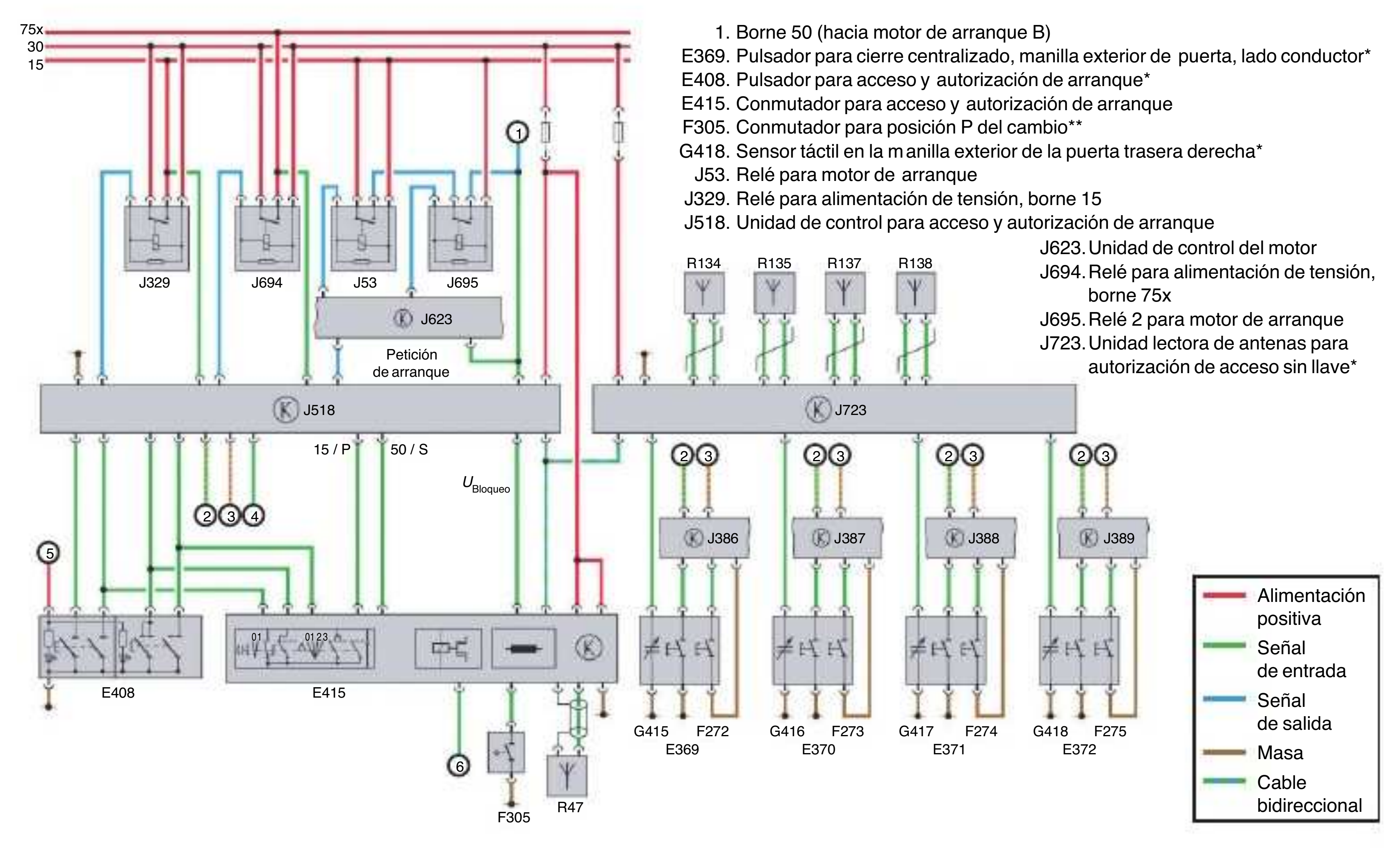


↑ **Figura 9.51.** Pulsador de arranque Ford Kuga.

Cuando las comprobaciones de las señales eléctricas son consideradas buenas, la unidad de control inicia el arranque mandando la señal eléctrica al relé, borne 50.

Durante la fase del arranque, se comparan el número de revoluciones del motor con las revoluciones de funcionamiento mínimas para mantenerse arrancado y, cuando se alcanzan estas revoluciones, la unidad de control corta la señal al relé y desconecta el motor de arranque, consiguiéndose de este modo tiempos de arranque más cortos que con el arranque por llave y protege el motor de arranque de órdenes indebidas y demasiado largas.

En la figura 9.52 aparecen representados todos los componentes de un circuito eléctrico de arranque automático de un modelo de alta gama.



↑ **Figura 9.52.** Esquema eléctrico de un circuito de arranque automático (fuente Audi).



La gestión del sistema está repartida en tres módulos básicos:

- En la unidad de control para acceso y autorización de arranque J518.
- En la unidad lectora de antenas para autorización de acceso sin llave J723.
- En el conmutador para acceso y autorización de arranque E415.

Los tres componentes se comunican entre sí a través de un bus monoalámbrico local.

La unidad de control para acceso y autorización de arranque es la unidad maestra del sistema y es a su vez un abonado al CAN Confort. La unidad lectora de antenas para autorización de acceso sin llave J723 únicamente se monta en las versiones con advanced Key como equipo opcional.

Se utiliza como interfaz entre las antenas, los sensores y la unidad de control para acceso y autorización de arranque.

6. Sistema de arranque y parada automática Stop-Start

El sistema Stop-Start realiza de forma automática dos funciones:

- Puesta en marcha del motor, cuando el conductor pulsa el botón de arranque.
- Parada del motor en momentos que no es necesario mantenerlo en marcha y puesta en marcha, de forma automática y casi inapreciable, cuando el conductor decide iniciar la marcha. El circuito dispone de sensores en el embrague, palanca de cambios, pedal del freno y pedal del acelerador.

Los diseños de Stop-Start más empleados son los siguientes:

- Sistemas que adaptan el circuito de carga y arranque convencional reforzando los componentes, motor de arranque, alternador y batería e incluyendo un módulo de gestión con los captadores y actuadores necesarios para el Stop-Start.
- Sistemas con gestión electrónica y un conjunto, alternador-motor de arranque, reversible diseñado específicamente para el Stop-Start.

caso práctico inicial

El BMW del año 1998 de la profesora no tiene el dispositivo Stop-Start, en el año que se fabricó no se planteaban los problemas de contaminación que se plantean actualmente.

6.1. Funcionamiento del Stop-Start con motor de arranque y alternador

Para explicar el funcionamiento eléctrico del sistema se toma como muestra el Fiat 500 equipado con este equipamiento.

Al iniciar el arranque y girar la llave en el conmutador de arranque H001 a la posición extrema (ARR) reciben alimentación, del pin 3 del conector A, el contacto (30) del telerruptor T20 (pin 65 del conector B de B001) y el contacto (87) del telerruptor T10 (pin 74 del conector B de B001). Los dos telerruptores gestionan el sistema de arranque en las dos modalidades previstas: con llave o automática mediante el sistema Stop-Start.

La bobina del telerruptor T20 es excitada con una señal positiva suministrada por el pin 72 del conector A de la centralita del motor M010.

Por lo tanto, con el pin 66 del conector B de B001, se suministran:

- La alimentación al devanado del electroimán (50) del motor de arranque A020 (conector A).

saber más

Los modelos equipados con el sistema Stop-Start reducen el consumo y las emisiones de CO_2 en un 10 % aproximadamente en ciclo urbano y eliminan las emisiones sonoras en cuanto el vehículo queda inmovilizado en semáforos, atascos y paradas de corta duración.

- La señal de diagnosis del funcionamiento del telerruptor T10 (nuevamente abierto tras haber girado la llave a la posición MAR) y del telerruptor T20 al pin 28 del conector A de la centralita M010.
- La señal de arranque del motor (CRANK) útil para el estabilizador de tensión M192 (pin 4) para dirigir sus propias funciones.

El conmutador de arranque H001 (pin 2 del conector A) recibe alimentación directamente de la batería a través de la línea protegida por el fusible F03 de la centralita de derivación del motor B001 (pin 22 del conector B).

La misma alimentación es suministrada al contacto (30) del telerruptor T10 (pin 73 del conector B de B001) para permitir, cuando es activado (cerrado) por el Body computer M001 (señal negativa del pin 2 del conector B), el arranque automático del motor térmico tras una detención del vehículo (con llave en posición MAR y trámite el nuevo cierre del telerruptor T20).

La bobina del telerruptor T10 recibe alimentación bajo llave (15/54) mediante la línea protegida por el fusible F16 de B001.

El pin +30 (conector B) del motor de arranque A020 recibe la alimentación mediante un borne específico (conector D) ubicado directamente en el borne positivo de la batería A001.

En cambio, durante la recarga, la corriente continua generada por el alternador A010 es enviada, a través de la conexión directa entre el conector B del alternador (B+) y el conector B del motor de arranque A020, a la batería A001 (conector D).

El alternador A010, mediante el pin 1 del conector A, envía al pin 11 del conector B de la centralita de control motor M010, la señal de carga baja (D+) permitiendo de ese modo la diagnosis del funcionamiento del alternador (en caso de carga baja).

Esta señal es volcada en la red C-CAN por la centralita M010 (pin 69 y 70 del conector A) para el Body Computer M001 (pin 44 y 45 del conector B) y para que esté disponible en la red.

De hecho, si se detecta una anomalía, el Body computer M001 dirigirá, por la red B-CAN, el testigo de «carga batería baja/avería alternador» en el tablero de instrumentos E050.

Las condiciones principales de arranque y apagado automático del motor son controladas por los sensores y la lógica de control descrita arriba.

El sensor de posición punto muerto en la palanca de cambios K214 recibe respectivamente una alimentación y una masa de referencia de los pin 34 y 45 del conector A de la centralita del motor M010 y suministra la correspondiente señal de punto muerto al pin 21 del mismo conector.

El interruptor en el pedal del embrague I031, alimentado bajo llave (INT) mediante la línea protegida por el fusible F51 del Body Computer M001 (pin 25 del conector C), suministra la señal de extensión máxima (pedal pisado) al pin 59 del conector A de M010, mientras al pin 23 del mismo conector le envía la señal de pedal en reposo. El sensor de presión sistema de frenos K072, también alimentado por la línea INT protegida por el fusible F51 del Body Computer M001 (pin 4 del conector C), suministra la señal correspondiente al pin 85 del conector A de M010.



↑ **Figura 9.53.** Sensor de posición de la palanca de cambios de un BMW serie 1.

recuerda

Los sistemas Stop-Start disponen de un botón anulador del dispositivo colocado en el panel de mandos. El conductor puede desactivar cuando desee el sistema en el Fiat 500 es el H115.

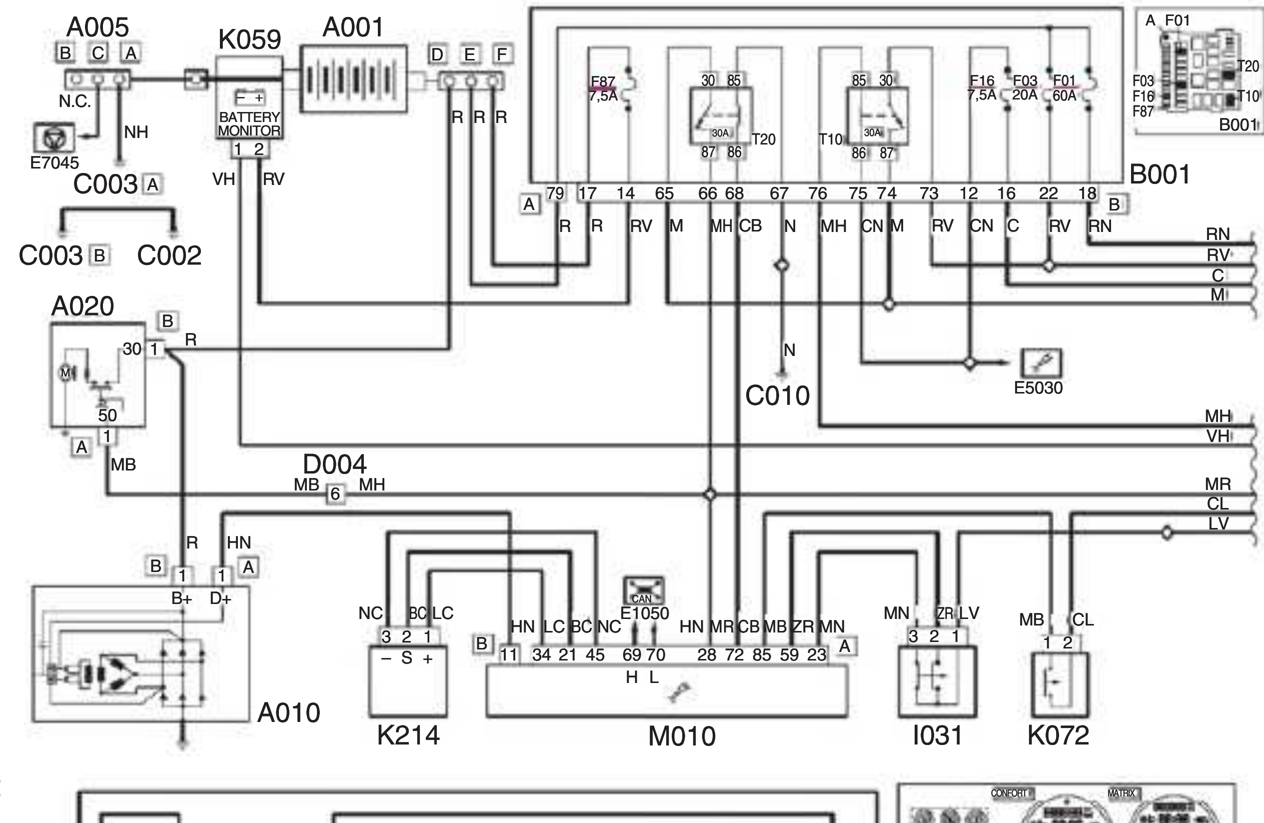
El sensor de estado de carga de la batería K059, alimentado por la línea directa de la batería (conector F de A001) protegida por el fusible F87 de la centralita del motor B001 (pin 14 del conector B), suministra al Body computer M001 (pin 56 del conector B) la señal que permite (con nivel de la batería inferior a un cierto umbral (75%)), desactivar el sistema Stop-Start (trámite la línea serial LIN correspondiente).

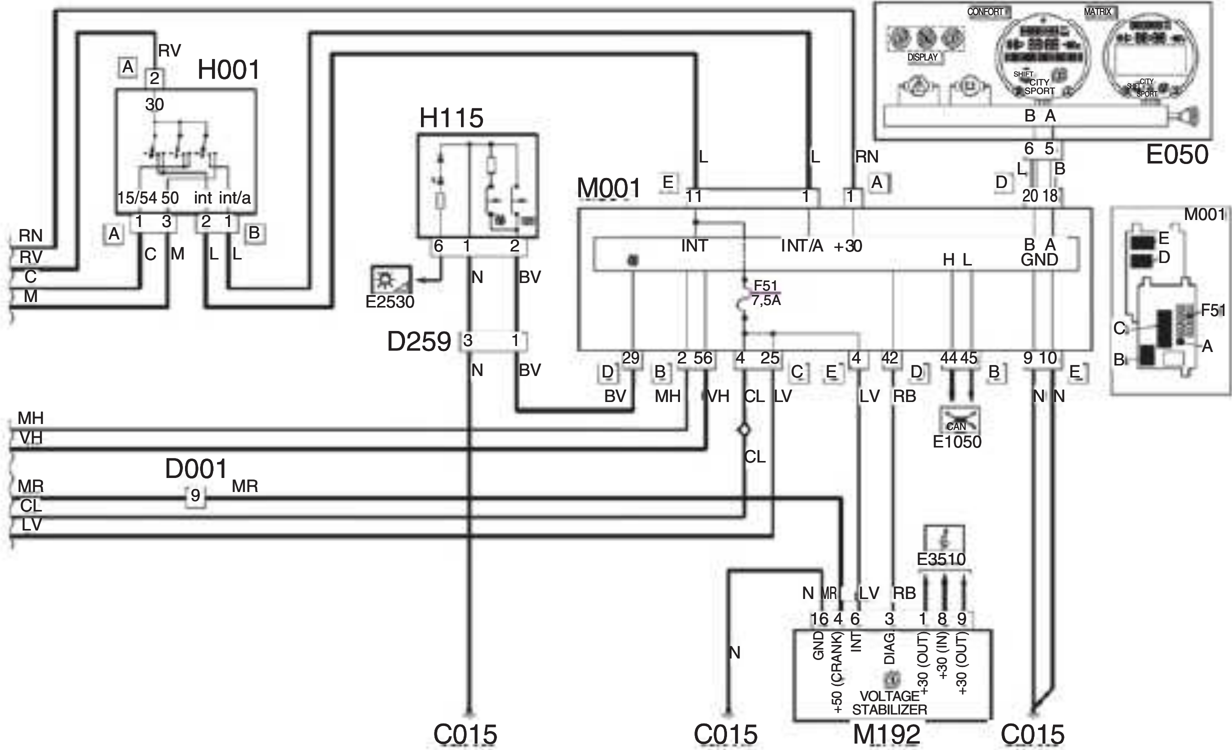
El botón de exclusión del dispositivo Stop-Start situado en el panel auxiliar de mandos H115, conectado a la masa salpicadero lado conductor C015, envía una señal negativa (compartida con el botón de activación/desactivación de la luneta térmica mediante un divisor resistivo) al pin 29 del conector D del Body computer M001.

Todas las condiciones de funcionamiento, inhibición y exclusión del dispositivo Stop-Start se visualizan trámite iconos adecuados y, donde estén presentes, mediante mensajes específicos disponibles en la pantalla del cuadro de instrumentos E050.

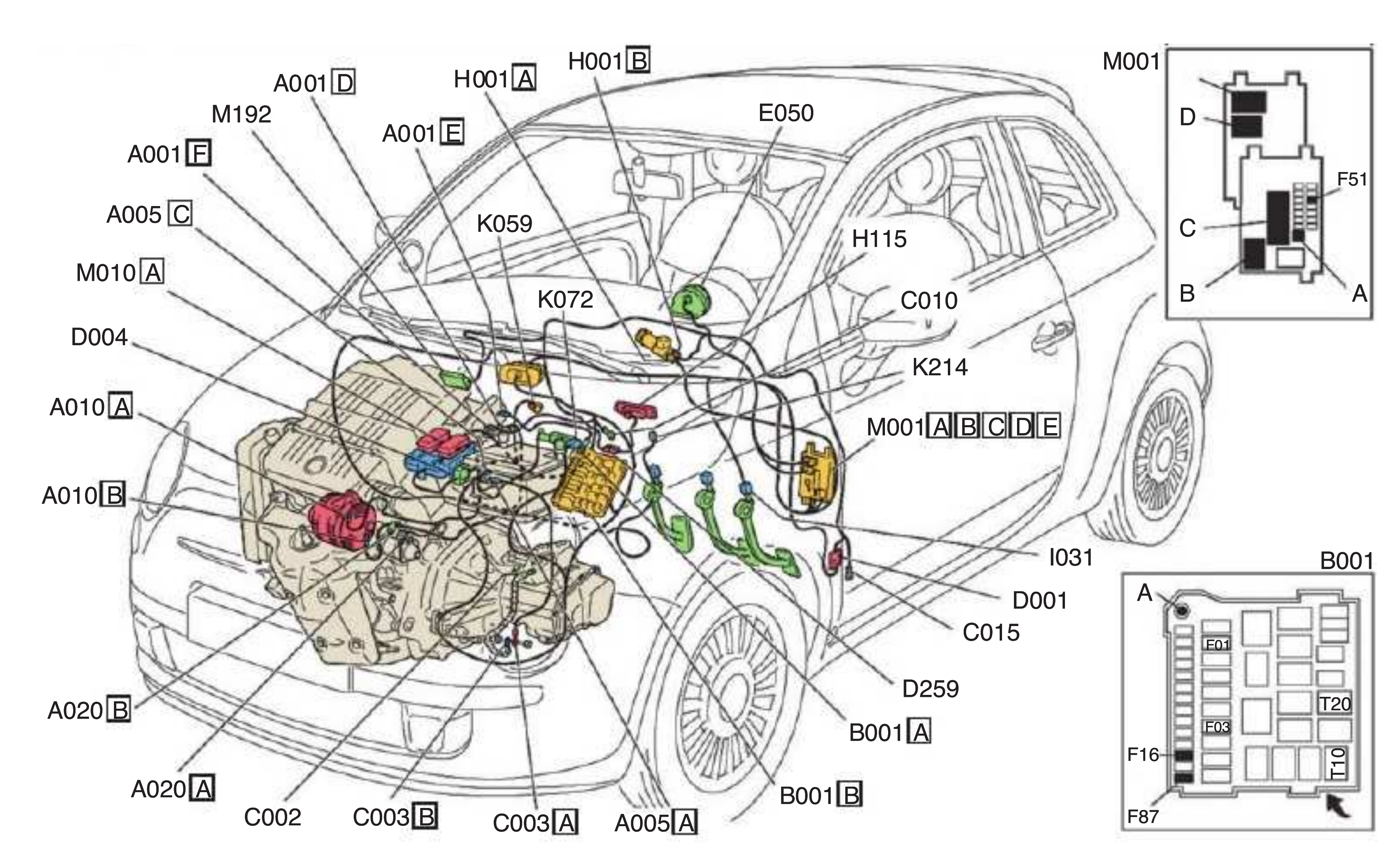
Código Componente

- A001. Batería
- A005. Terminal de derivación
- A010. Alternador
- A020. Motor de arranque
- B001. Centralita de derivación
- C002. Masa de la batería en el motor
- C003. Masa de la batería en la carrocería
- E050. Cuadro de instrumentos
- H001. Conmutador de arranque
- H115. Botón de exclusión del dispositivo Stop-Start
- I031. Interruptor en el pedal del embrague
- K059. Sensor de estado de carga de la batería
- K072. Sensor de presión ABS
- K214. Sensor de posición punto muerto en la palanca de cambios
- M001. Body computer
- M010. Centralita de control motor
- M192. Centralita de alarma





↑ **Figura 9.54.** Esquema eléctrico del Stop-Start Fiat 500 (fuente Fiat).



↑ **Figura 9.55.** Ubicación de los componentes Stop-Start en el vehículo (fuente Fiat).

6.2. Funcionamiento del alternador-motor de arranque reversible

Los vehículos equipados con este modelo de Stop-Start no disponen del motor de arranque convencional con inducido y piñón de arranque, estos modelos equipan un alternador reversible (4) que realiza el arranque del motor térmico y la función alternador. El giro del motor térmico, en fase de arranque, se transmite desde el alternador hasta la polea (11) por medio de una correa y un rodillo tensor dinámico (9) (figura 9.56).

saber más

La correa de accesorios y arranque está específicamente diseñada para transmitir el par de arranque del motor térmico.

Identificación	Designación
4	Alternador reversible
9	Rodillo tensor dinámico
10	Compresor de refrigeración
11	Polea de cigüeñal

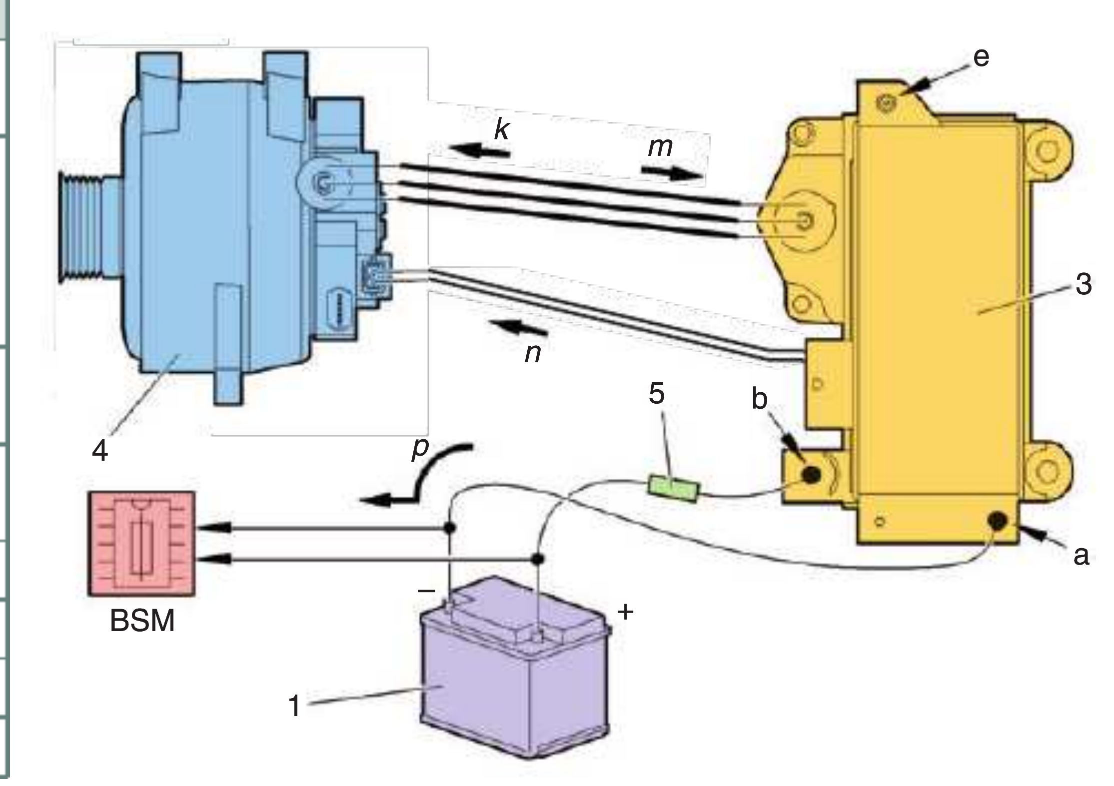
↑ **Figura 9.56.** Componentes del Stop-Start con alternador reversible (fuente PSA).



El rodillo tensor dinámico con amortiguación hidráulica se «bloquea» durante la fase de arranque y aplica una tensión suficiente en la correa de arrastre de los accesorios para girar el motor térmico y arrancarlo.

El funcionamiento eléctrico del sistema aparece reflejado en el esquema de la figura 9.57.

Identificación	Designación
BSM	Caja de servicio motor (centralita de gestión)
«k»	Modo motor de arranque: alimentación del stator del alternador reversible en corriente alterna trifásica por el calculador stop & start
«m»	Modo alternador: suministro de corriente alterna trifásica
«n»	Alimentación del rotor del alternador reversible (RCO)
(1)	Batería
(3)	Calculador stop & start (1015)
(4)	Alternador reversible (1021)
(5)	Fusible



↑ **Figura 9.57.** Esquema eléctrico del circuito alternador reversible (fuente PSA).

El calculador (3) realiza las siguientes funciones:

- Para y arranca el motor térmico.
- Controla el estado de carga de la batería y su temperatura.
- Diagnosis de la función Stop-Start.
- Paso de motor de arranque al modo alternador.
- Conversión de la corriente alterna trifásica a continua en fase de alternador y de continua a alterna trifásica en modo motor de arranque.

El alternador reversible (4) dispone un captador de posición por fase; V, U, W, para que en modo «motor de arranque» el calculador Stop-Start conozca la posición exacta del rotor, del alternador reversible, con respecto al estator. En caso de defecto de uno o varios captadores de posición del rotor del alternador reversible, el arranque del motor es imposible.

El circuito dispone de captador de tensión y temperatura de batería, monocontacto de asistencia de frenado, pulsador anulador del sistema, captador de posición de la palanca de cambios.

El dispositivo Stop-Start se encuentra conectado a la red Can Bus de datos del vehículo por la vía A2 y A4 del calculador de gestión (3) y recibe toda la información que necesita de otros calculadores.

El alternador reversible tiene una potencia de 2 kW y se coloca en el mismo lugar que el alternador normal.

El conductor puede desactivar el sistema Stop-Start pulsando el interruptor anulador del sistema colocado en el panel de mandos. Si se anula el sistema Stop-Start el conductor puede parar y arrancar el motor cuando lo desee.

saber más

La ventaja del arranque mediante un alternador reversible reside en el silencio de funcionamiento así como en la rapidez de arranque (400 ms contra 800 ms para un motor de arranque clásico).

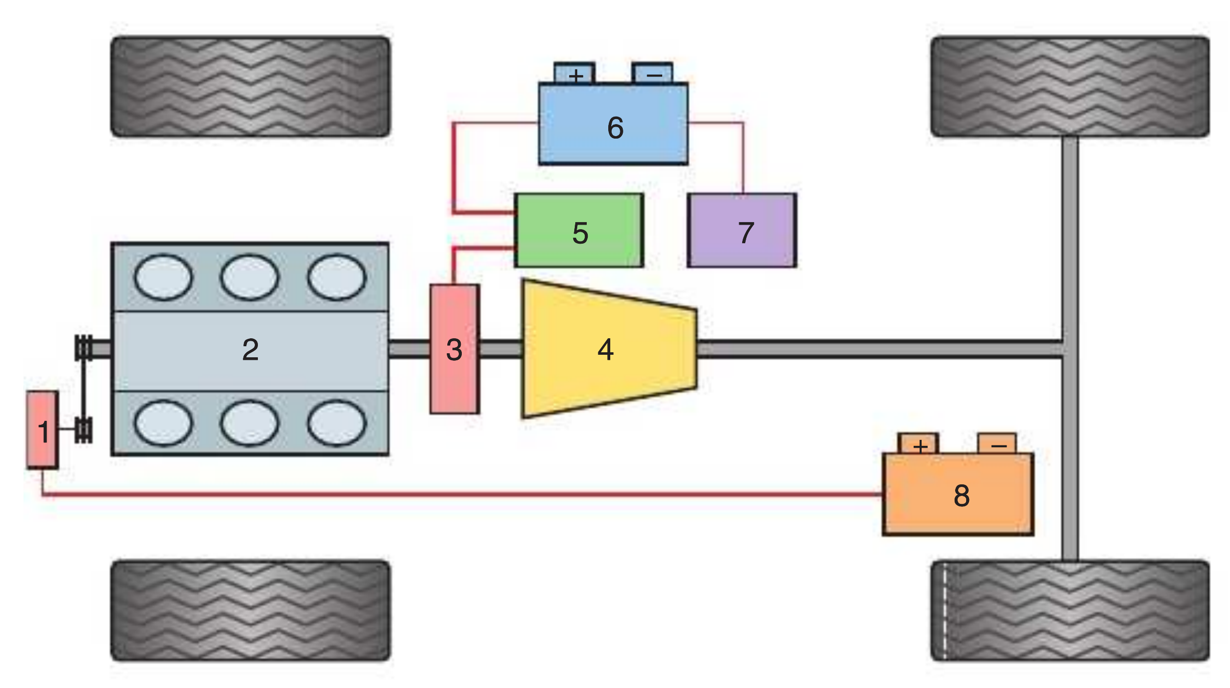
7. Motor de arranque en los vehículos híbridos

Un vehículo híbrido emplea dos tecnologías diferentes en su propulsión, de las dos tecnologías que se pueden emplear, la que actualmente se impone es la que emplea motores eléctricos trifásicos en combinación con otro tipo de motor, así pues los vehículos híbridos pueden disponer de la siguiente combinación de motores:

- Motores-alternadores trifásicos (eléctricos).
- Motores de combustión interna; gasolina de ciclo Atkinson, Diesel, biodiésel, etc.

En la figura 9.58 se presenta la disposición de los motores y principales componentes de un vehículo híbrido. En este vehículo se dispone de un motor de gasolina (2) y otro motor eléctrico (3) que se coloca en serie, entre el motor y el cambio automático (4).

El motor eléctrico es el componente clave de todo el sistema híbrido, aprovechando las ventajas de su reversibilidad, puede funcionar como motor para ayudar al motor térmico y como recuperador generador de energía eléctrica, en el frenado y bajada de pendientes. La energía eléctrica generada se almacena en una batería de ion-litio (6) de 126 V. El motor eléctrico es de corriente alterna trifásica de 126 voltios y necesita un convertidor de tensión (7) para poder acumularla en corriente continua en los procesos de generación de energía y al contrario, de continua a alterna, para poder alimentar el motor eléctrico cuando actúa como motor-arrancador.



1. Alternador
2. Motor de combustión
3. Motor eléctrico
4. Cambio automático
5. Módulo de electrónica de potencia
6. Módulo y batería de alto voltaje
7. Módulo de convertidor CC/CC
8. Batería de 12 V

↑ **Figura 9.58.** Componentes del sistema híbrido del Mercedes S 400. (fuente Mercedes)

El modelo híbrido S-400 también dispone de la función Stop-Start (parando el motor térmico en semáforos y paradas prolongadas). Cuando se continúa la marcha el motor eléctrico arranca el motor de combustión de forma suave con al primer encendido.

saber más

El rendimiento de un motor eléctrico trifásico es superior al 80% en comparación con el 40% que alcanzan los motores de combustión.

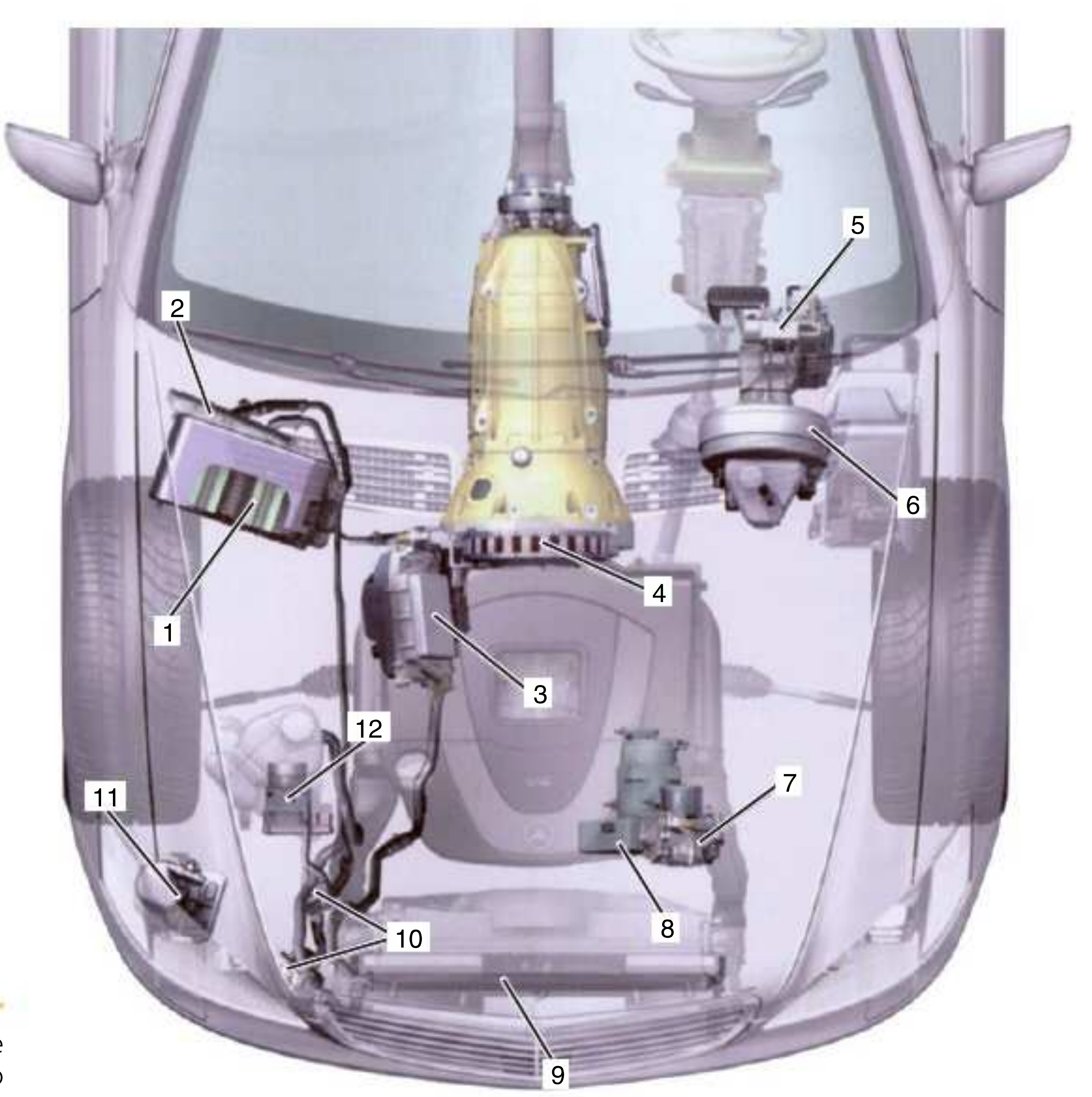


El vehículo híbrido con función Stop-Start dispone de componentes adaptados y con accionamiento eléctrico (figura 9.59) para seguir manteniendo la eficacia de todos los circuitos al parar el motor.

Componentes del circuito híbrido S 400.

Componentes del circuito híbrido S 400

1. Módulo y batería de alto voltaje
2. Módulo del convertidor de CC/CC
3. Módulo de electrónica de potencia
4. Motor eléctrico
5. Sistema de pedales
6. Servofreno RBS
7. Bomba eléctrica de depresión
8. Compresor eléctrico climatización
9. Radiador de baja temperatura
10. Bombas de circulación del circuito de baja temperatura
11. Servodirección electrohidráulica
12. Unidad hidráulica con unidad de control del sistema de frenos recuperativo



↑ **Figura 9.59.** Vista de conjunto de los componentes híbridos S-400 (fuente Mercedes).

seguridad

En la manipulación de la batería de alto voltaje y en el motor eléctrico es necesario emplear guantes protectores aislantes al realizar las desconexiones.



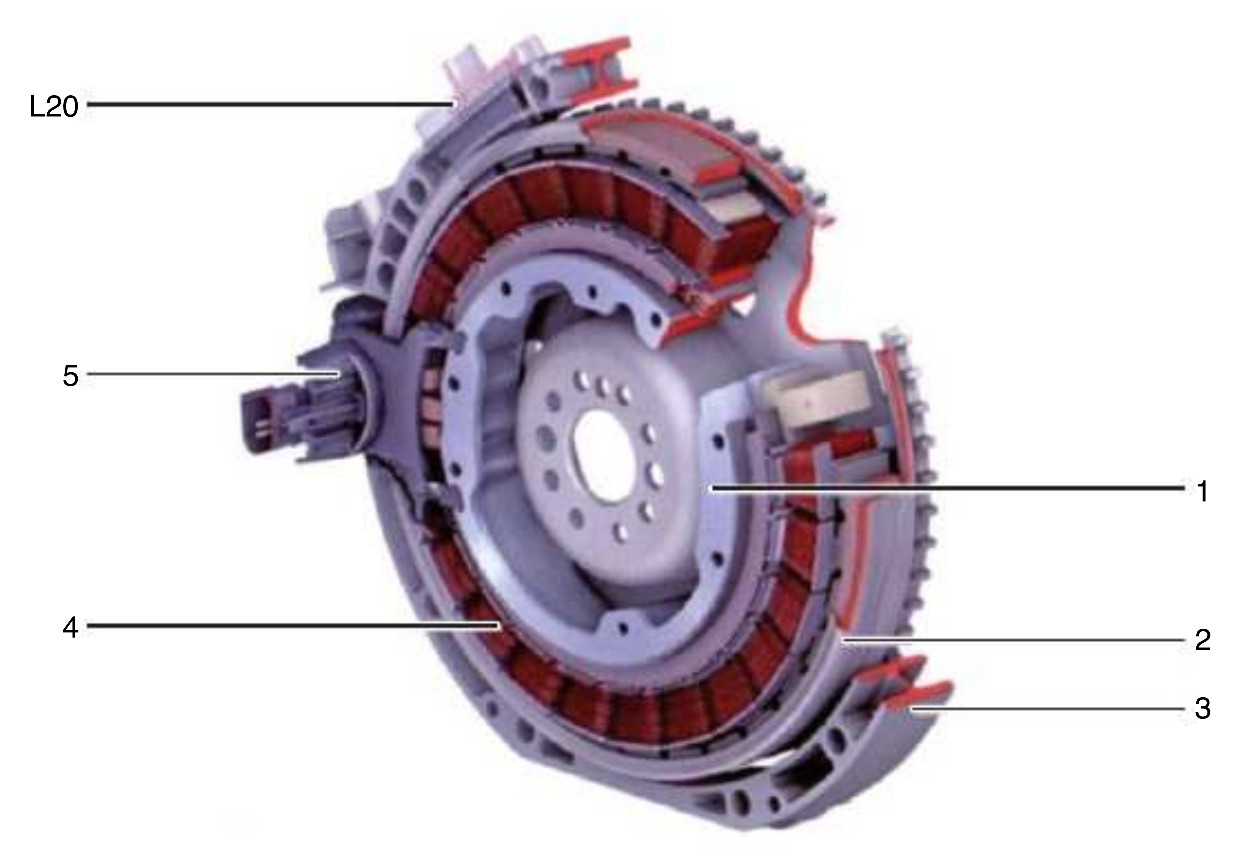
↑ **Figura 9.60.**

7.1. Motor eléctrico

El motor eléctrico del S-400, es un motor sincrónico permanentemente excitado y asume las funciones de alternador arrancador integrado. Según el modo de servicio, el motor eléctrico puede realizar dos funciones:

- **Función motor de arranque y tracción:** aplicando un par en el sentido de giro del cigüeñal para arrancar el motor. Una vez arrancado, el motor puede seguir girando y sumar su par de giro al par del motor de combustión (tracción híbrida o combinada de los dos motores). El motor eléctrico no puede mover el vehículo y funcionar con tracción eléctrica solamente.
- **Función alternador**: aplicando un par de giro en sentido contrario al giro del cigüeñal, para recargar la batería de alto voltaje. En el proceso de frenado parte de la energía de frenado se transforma en energía eléctrica que se acumula en la batería de ion-litio.

La conmutación entre los dos modos de funcionamiento «motor-alternador» se realiza desde la unidad de control de la electrónica de potencia.



1. Pieza soporte estátor
2. Rotor con anillo incremental y pista del sensor de posición
3. Cárter intermedio
4. Estátor con bobinas
5. Empalme roscado eléctrico y sensor térmico
L20. Sensor de posición del rotor

↑ **Figura 9.61.** Motor eléctrico seccionado (fuente Mercedes).

Para la regulación del motor eléctrico, el módulo de potencia necesita conocer la posición exacta del rotor, y para ello se ocupa el sensor L 20. La temperatura de los bobinados se controla a través del sensor 5 integrado en los bobinados. Si se sobrepasa la temperatura límite de funcionamiento del motor, el módulo de gestión limita el funcionamiento del motor eléctrico.

7.2. Gestión de la energía

El módulo de gestión de energía es la unidad de control ME (NE/10). Coordina los flujos de energía del sistema híbrido y constituye, respecto a las magnitudes eléctricas, el interfaz hacia las unidades de control del sistema de gestión de la batería (BMS) del convertidor CC/CC y de la electrónica de potencia. Para realizar este cometido intercambia información con todos los módulos de gestión a través de la Red Can Bus.

El módulo de gestión de energía se encarga por tanto de realizar las siguientes funciones:

- Cálculo y calibrado de la tensión de la batería de alto voltaje (ion-litio).
- Ejecución de la estrategia de carga y descarga de la batería de alto voltaje en condiciones extremas.
- Pronóstico de la reserva de energía en la batería de alto voltaje y potencia disponible en ella.
- Control del intercambio de energía entre la batería de alto voltaje y la batería de 12V.



EJEMPLO

Sistemas guiados para la detección de anomalías en el circuito de arranque

Es de máximo interés a la hora de abordar la detección de anomalías en el circuito de arranque de una manera práctica el seguir un sistema guiado de detección de anomalías. Los cuadros que a continuación se muestran son de gran utilidad para este fin.

COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN
DE ARRANQUE SOBRE EL VEHÍCULO

Conectar las luces de los faros.
Accionar el conmutador de encendido y arranque hasta la posición de arranque

La luz de los faros mantiene su intensidad

Comprobar la caída de tensión en el circuito de alimentación del conmutador de encendido y arranque

Medir la tensión V1 entre bornes de la batería durante el arranque

Medir la tensión V2 entre el extremo del cable que llega al borne 50 del contactor electromagnético y masa en el momento del arranque

La luz baja de intensidad

Comprobar el estado de la batería

Medir la densidad del electrólito

Densidad menor de 1,25 → Recargar la batería y, si es preciso, sustituirla

Densidad mayor de 1,25 → Comprobar las conexiones de masa entre el motor y la carrocería

30 15
Interruptor de encendido
15 50
Interruptor de arranque
V
50
30
+
–
Caída de tensión
12 V 0,5 V
24 V 1,0 V
V

↑ **Figura 9.62.**

30 15
Interruptor de encendido
15 50
Interruptor de arranque
V
50
30
+
–
Tensión mínima
12 V 8 V
24 V 16 V

↑ **Figura 9.63.**

ARRANQUE INEFICIENTE		
El motor no gira	**Batería**	Terminales del cable de alimentación del motor flojos u oxidados Totalmente descargada o deteriorada
	Motor de arranque	Escobillas consumidas o encastradas Arrollamiento inducido o inductor interrumpido Arrollamiento inducido o inductor a masa Bloqueado: inducido centrifugado
	Contactor	Espiras del arrollamiento de excitación en cortocircuito Arrollamiento de excitación interrumpido Contactos excesivamente desgastados y oxidados
	Conmutador	Contactos oxidados Conductores separados o flojos
El motor gira anormalmente	**Acoplamiento**	Rueda libre ineficiente Horquilla de mando rota
ARRANQUE DEFECTUOSO		
El motor gira a pocas revoluciones por minuto	**Batería**	Terminales del cable de alimentación flojos u oxidados Parcialmente descargada Elemento de batería deteriorado
	Motor de arranque	Contacto de las escobillas sobre el colector defectuoso Arrollamiento inducido o inductor con espiras en cortocircuito Casquillos de los soportes excesivamente gastados Entrehierro insuficiente (el inducido roza con las expansiones polares)
El motor gira normalmente, pero con rumorosidad	**Acoplamiento**	Rueda libre con juego excesivo Oxidación del acoplamiento de la horquilla sobre el piñón Excesivo juego axial del inducido Casquillos de los soportes desgastados

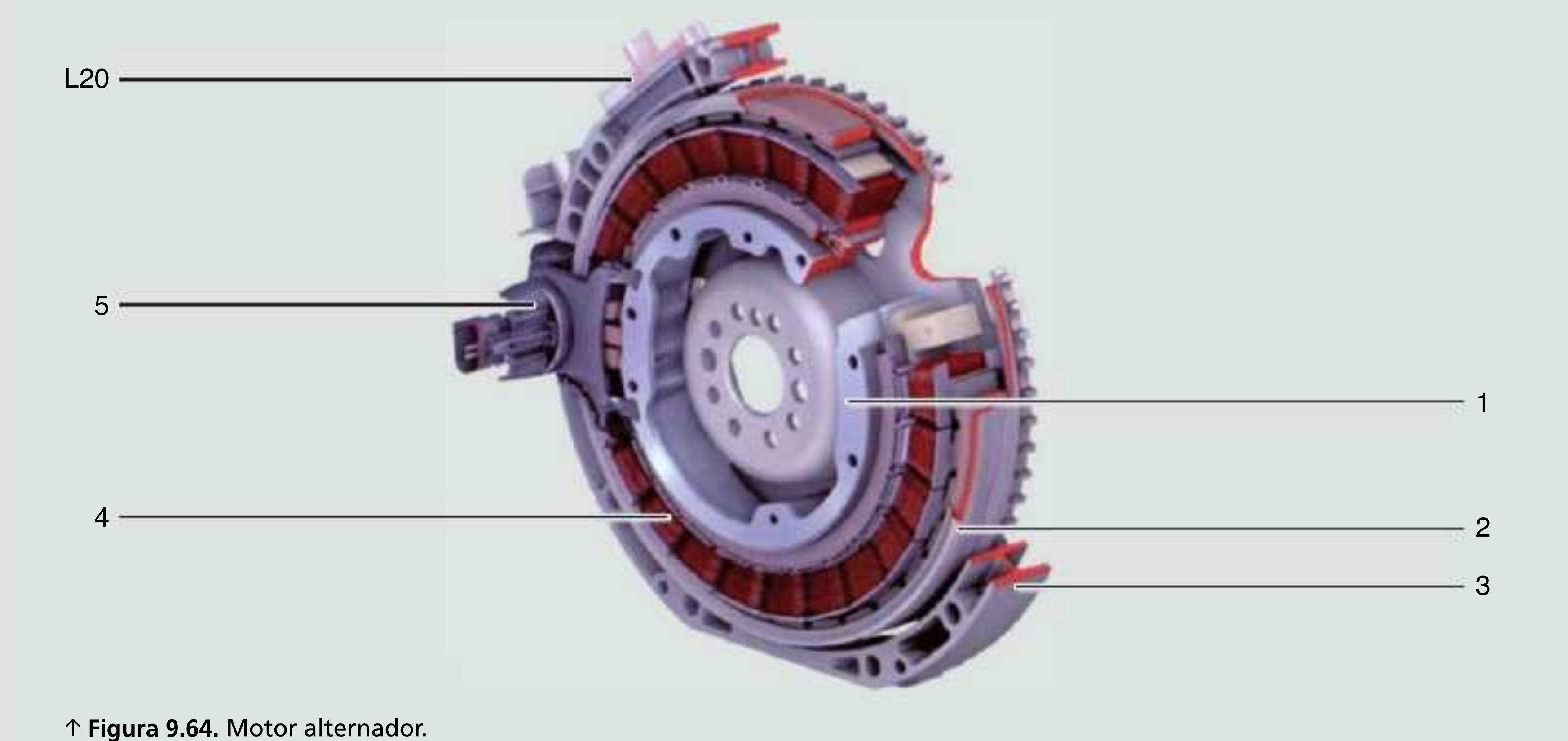
7.3. Causas de algunas averías en los motores de arranque

- Entrada de agua en el relé, provocado por lavados con máquinas de alta presión.
- Motor de arranque sumergido en agua.
- Interruptor de encendido o relé de arranque pegado.
- Mala conexión de los cables o cortocircuito en la línea 50 al positivo.
- Tiempo de accionamiento excesivo.
- Motor de arranque movido por el motor.
- Interruptor de encendido o relé de arranque pegado.



ACTIVIDADES FINALES

1. ¿Qué factores condicionan el motor de arranque?
2. ¿Cómo influye el frío en el momento del arranque?
3. Describe los componentes de un motor de arranque tipo contactor y horquilla.
4. Dibuja un esquema del circuito eléctrico del motor de arranque con contactor.
5. Explica cómo se comprueba la compresión de los cilindros del motor empleando un equipo de diagnosis.
6. Describe cómo está constituido un inducido y cómo se comprueba.
7. Describe cómo está constituido el conjunto inductor y sus comprobaciones.
8. Describe cómo está constituido el conjunto piñón y cómo funciona.
9. ¿Qué misión tiene y cómo funciona un conjunto reductor para motor de arranque?
10. Explica el principio de funcionamiento del motor eléctrico de corriente continua.
11. Tipos y características de los motores de corriente continua para arranque dependiendo del conexionado de la excitación.
12. ¿A qué es debido el exceso de chisporroteo en el colector?
13. Dibuja y comenta las curvas características del motor de arranque.
14. Explica el funcionamiento eléctrico del arranque con pulsador (automático)
15. Explica la misión y el funcionamiento del sistema Stop-Start con alternador reversible.
16. Copia el dibujo en tu cuaderno y nombra los componentes numerados del motor-alternador de la figura 9.64.



↑ **Figura 9.64.** Motor alternador.



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Resuelve en tu cuaderno o bloc de notas

1. Podemos definir el motor de arranque como un transformador de...

a) Energía mecánica en energía eléctrica.

b) Energía eléctrica en energía mecánica.

c) Energía eléctrica en energía química.

d) Energía química en energía eléctrica.

2. La reducción entre el piñón del motor de arranque y la corona del volante-motor suele ser…

a) De 1/8 a 1/15. c) De 1/8 a 1/20.

b) De 1/4 a 1/15. d) De 1/10 a 1/20.

3. El funcionamiento del motor de arranque se basa en el principio de…

a) Ley de Ohm. c) Ley de Maxwell.

b) Ley de Kirchhoff. d) Ley de Fleming.

4. Cuando el motor de arranque está girando, ¿actúa como un generador de corriente?

a) No.

b) Depende de las revoluciones.

c) Sí, pero genera una fuerza electromotriz que se suma a la tensión aplicada.

d) Sí, y genera una fuerza electromotriz que se opone a la tensión aplicada.

5. En los motores de arranque con reductora, ¿cuál es la finalidad de ésta?

a) Reducir las revoluciones del inducido para así disminuir el par en el arranque.

b) Reducir las revoluciones del inducido para así aumentar el par en el arranque.

c) Aumentar las revoluciones del inducido para así disminuir el par en el arranque.

d) Aumentar las revoluciones del inducido para así aumentar el par en el arranque.

6. ¿El captador de posición de la palanca de marchas (punto muerto) lo emplea el sistema?

a) Arranque con llave.

b) Sistema Stop-Start.

c) Los vehículos no disponen de captador de punto muerto.

d) Arranque con llave codificado.

7. ¿De qué material suele ser la carcasa de un motor de arranque?

a) Acero de bajo contenido en carbono.

b) Cobre recocido.

c) Bronce sinterizado.

d) Fundición de aluminio.

8. ¿Cómo se comprueba el mecanismo de rueda libre?

a) Realizando la prueba en vacío en el banco de pruebas.

b) Realizando la prueba a par blocado en el banco de pruebas.

c) Realizando la prueba a máxima potencia en el banco de pruebas.

d) Desmontando el motor de arranque y mirando el enclavamiento de los rodillos.

9. ¿El alternador reversible (Stop-Start) dispone un captador de posición por fase?

a) Sí, uno por cada fase U,V,W.

b) Sí, en la fase de la tensión U.

c) No es necesario.

d) Sí, en la fase W.

10. ¿Qué tensión emplea el motor-alternador del Mercedes híbrido S-400?

a) Continua a 126 V. c) Alterna a 126 V

b) Alterna a 12 V. d) Continua a 12 V.



PRÁCTICA PROFESIONAL

HERRAMIENTAS

- Herramientas manuales del taller
- Roncador comprobador de inducidos
- Polímetro digital

MATERIAL

- Motor de arranque

Desmontaje y verificación de los componentes de un motor de arranque

OBJETIVO

Aprender a desmontar y verificar los componentes del motor de arranque.

PRECAUCIONES

Prestar atención al manejo y cuidado del polímetro digital.

DESARROLLO

1. Comprobar, con el motor de arranque desmontado del vehículo, la continuidad y medir el valor de la resistencia del bobinado del relé con el polímetro en la función Óhmetro (figura 9.65, el bobinado tiene continuidad y una resistencia de 1 |).

2. Desmontar el relé, quitando los tornillos de fijación (figura 9.66).

3. Separar el relé del conjunto motor de arranque (figura 9.67).



↑ **Figura 9.65.** Comprobar continuidad.



↑ **Figura 9.66.** Aflojar los tornillos del relé.



↑ **Figura 9.67.** Separar el relé.

4. Aflojar los dos tornillos que fijan la tapa del relé y desmontarla (figura 9.68).

5. Quitar los tornillos de la tapa de las escobillas y extraerla del conjunto (figura 9.69).

6. Una vez desmontada la tapa porta escobillas, el inducido se puede extraer libremente de la carcasa de las masas polares.



↑ **Figura 9.68.** Tapa del relé.



↑ **Figura 9.69.** Extraer la tapa de las escobillas.



↑ **Figura 9.70.** Inducido con piñón de ataque.

El motor de arranque se encuentra desmontado y todos sus componentes listos para realizar la verificaciones.

7. Comprobar el aislamiento a masa de las bobinas inductoras, pinchando entre masa y terminal positivo. La resistencia es infinita, está bien (figura 9.71).
8. Medir si la resistencia óhmica de las bobinas inductoras es correcta (0,7Ω, figura 9.72).
9. Repasar con lija de P-150 las delgas del colector del inducido (figura 9.73).


↑ **Figura 9.71.** Comprobar aislamiento.


↑ **Figura 9.72.** Medir resistencia bobinas.


↑ **Figura 9.73.** Repasar con lija el colector.

10. Repasar el aislante de entre delgas con una hoja de sierra. Al rebajar el aislante se evita que el carboncillo de las escobillas comunique dos delgas (figura 9.74).
11. Comprobar la continuidad entre las delgas y el valor óhmico 0,3Ω (figura 9.75).
12. Comprobar con el roncador si existen cortocircuitos en los bobinados del inducido. Con el roncador y una hoja de sierra, si la hoja de sierra vibra existen cortocircuitos (figura 9.76).


↑ **Figura 9.74.** Rebajar el aislante de las delgas.


↑ **Figura 9.75.** Comprobar la continuidad.


↑ **Figura 9.76.** Roncador de comprobación.

13. Comprobar el aislamiento del portaescobillas positivo. El aislamiento es correcto la resistencia es infinita (figura 9.77).
14. Comprobar el estado de la escobillas y la continuidad del portaescobilla negativa y masa (la resistencia tiende a cero 0.5 Ω, figura 9.78).
15. Engrasar el engranaje por donde se desliza el piñón de arranque con grasa (figura 9.79). El motor está listo para montarse en un proceso inverso al seguido en el montaje.


↑ **Figura 9.77.** Aislamiento del portaescobilla positiva.


↑ **Figura 9.78.** Continuidad escobilla negativa.


↑ **Figura 9.79.** Engrasar estriado.



MUNDO TÉCNICO

El Ford Key Free (arranque y apertura sin llave)

El Focus ejemplifica los principios de diseño **Kinetic Design** de Ford. Su estética evolutiva y su estilo atrevido expresan autoconfianza, además de ser actual e inconfundible. Entre otros, incluye un *spoiler* en el color de la carrocería, una parrilla imponente y faros de elegante diseño. Estas características ayudan a crear las impactantes curvas del coche, que hacen que su apariencia sea igual de dinámica que su conducción. En la zaga, luces LED consumen menos energía y ofrecen una vida útil más larga. Al utilizarlas para la función de freno aportan también un importante beneficio en lo que se refiere a la seguridad: al encenderse alcanzan su intensidad máxima más rápidamente que las bombillas convencionales, lo que da más tiempo de reacción a los conductores que circulan detrás.

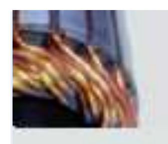
En el Focus todo se centra en la dinámica de conducción. Encontrarás todo lo que es necesario para convertir su manejo en una experiencia más divertida, atractiva y estimulante. También hay disponibles opciones para ampliar los sistemas de audio y que tus acompañantes estén más entretenidos.

Su elegante consola central incluye prácticos huecos portaobjetos y una toma de corriente, ideal para cargar el móvil. En función de variantes, disfruta de apertura y arranque sin llave **«Ford Key Free»,** un práctico dispositivo que evita buscar las llaves: basta con acercarse a una puerta o el maletero y tirar de la manecilla. Incluso si llevas la llave en el bolsillo o en un bolso, el sistema detecta su presencia abriendo y desactivando la alarma. Por supuesto, sigue siendo posible utilizar los botones del mando a distancia para abrir y cerrar.

Arrancar tu Focus es simple. Nuestra llave emite un código de seguridad y unos sensores situados en tu coche captan el código encriptado. Una vez lo ha detectado y verificado solo tienes que pisar el embrague en las versiones de caja de cambios manual, o el freno en las que equipan caja automática, y pulsar el botón de arranque **«Ford Power»** para arrancar. Fácil, ¿verdad?. Este código de seguridad permite que nadie más lo arranque.

Hoy motor.com





EN RESUMEN

SISTEMA DE ARRANQUE	→	Se encarga de poner en marcha el motor térmico.
Batería	→	Acumula la energía eléctrica.
Llave de contacto y cables	→	La llave de contacto cierra el circuito eléctrico, los cables conducen la electricidad entre los componentes.
Motor de arranque	→	Transforma la energía eléctrica de la batería en energía mecánica para girar el motor térmico.

COMPONENTES DEL MOTOR DE ARRANQUE →

- Inducido.
- Carcasa y bobinas inductoras.
- Horquilla y piñón de ataque.
- Reductora.
- Escobillas y soporte.
- Relé de arranque.

Dispositivo Stop-Start →

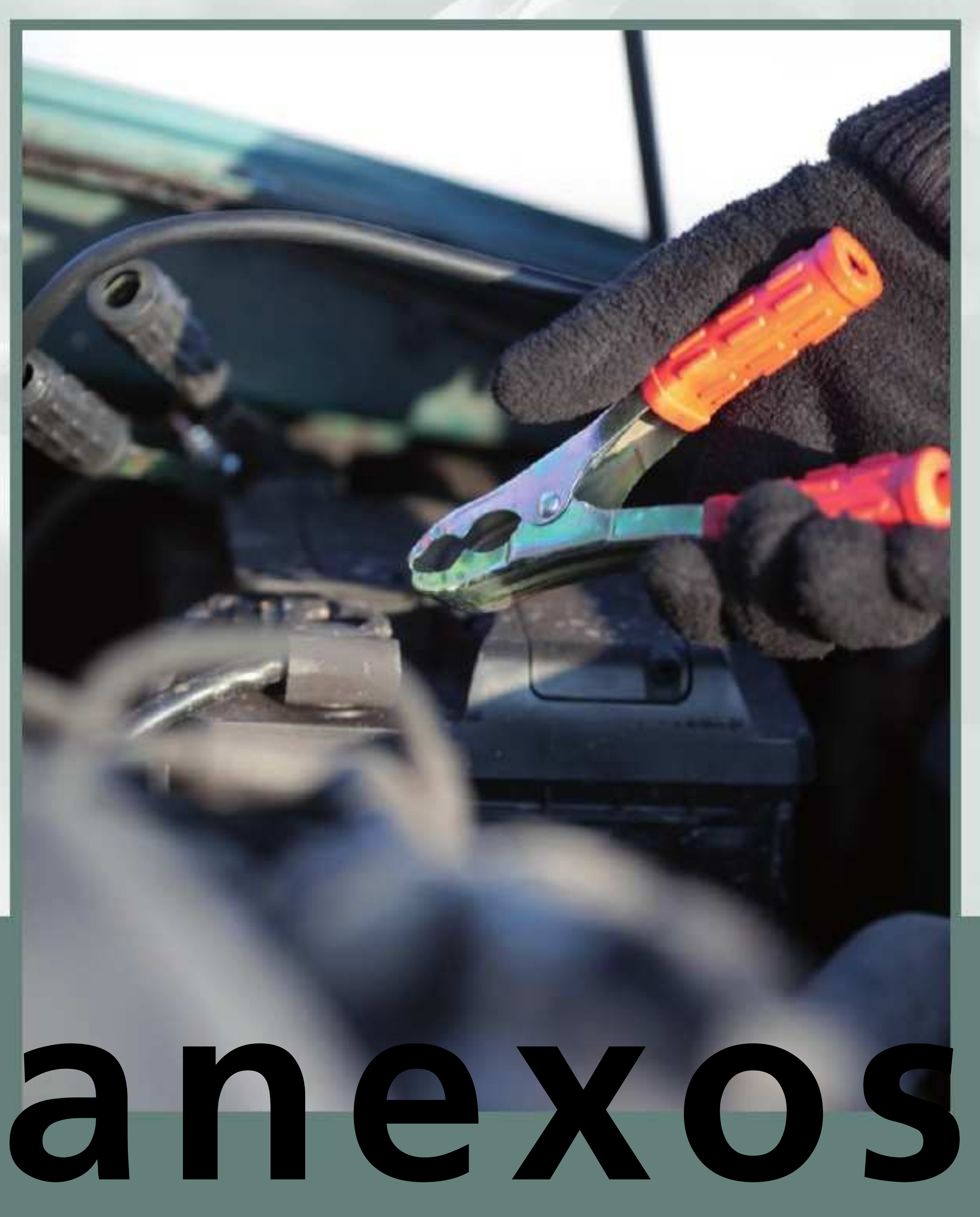
- Permite reducir el consumo y la reducción de gases contaminantes.
- Para el motor y lo vuelve a poner en marcha, cuando el conductor inicia la marcha, todo de forma automática.

Motor alternador reversible → Se emplea en los vehículos híbridos, el motor funciona en modo alternador, cargando las baterías y como motor de arranque.

entra en internet

- 1. Busca vehículos que equipen arranque automático por pulsador.
- 2. Entra en la página web de Bosch para buscar información sobre motores de arranque de intercambio.
- 3. Busca información sobre los valores reales de los componentes del motor de arranque, resistencia del bobinado del relé, bobinas inductoras etc.
- 4. Entra en la página web de los fabricantes de vehículos híbridos y localiza cómo funciona el sistema de arranque del motor térmico.

A EXTRACTO NORMAS **DIN 40 700 ... 40 719**



anexos

→

EXTRACTO NORMAS DIN 40 700 ... 40 719

A

EXTRACTO NORMAS DIN 40 700 ... 40 719

Conexiones	
Conductor, cruce de conductor sin o con conexión	
Conductor blindado	
Tubería neumática, hidráulica	
Conexión con actuación mecánica; cruce sin o con conexión	
Conexión, en general se puede soltar (cuando es necesario representarlo)	
Conexión por clavija; clavija. Base de enchufe. Conexión por clavija triple	
Masa (masa en el cuerpo, masa en el vehículo)	
Funciones mecánicas	
Posiciones de conmutación. (La posición de base, en línea continua)	0 1 2 0 1 2
Retraso (a doble línea) hacia la derecha, o a derecha e izquierda	
Accionamiento manual, por medio de un sensor (excéntr.), térmico (bimetal)	
Fiador; retroceso automático en dirección de la flecha (pulsador)	
Accionamiento en general (mecán., neumát., hidrául.), accionam. por pistón, accionam. por núm. revol. n, por presión p, por caudal Q, por tiempo t, por temperatura t°	n p Q t t°
Se puede variar, no por sí mismo (desde el exterior), en general	
Se puede variar, por sí mismo, bajo la influencia de una magnitud física linealmente, no linealmente	
Interruptores y conmutadores	
Conmutador de pulsador que cierra, que abre	
Conmutador enclavador, que cierra, que abre	
Inversor que conmuta con o sin recubrimiento	
Contactor dos direc., con tres posic. de conmutac. (p. ej.: el interr. intermitentes)	
Contactor gemelo, que abre y cierra	
Contactor de múltiples posiciones	0 1 2

Conmutador accionado por levas, p. ej., el ruptor o platinos	
Termostato, desconectador	
Relés	
Accionam. por medio de un bobinado, con dos bobinas en sentidos opuestos	
Accionamiento electrotérmico, relé térmico	
Accionamiento electromagnético, imán impusor; válvula electro-magnética cerrada	
Relé (accionam. y conmutac.). Ejemplo: abridor sin retraso y cierre con temporizador	
Resistencias	
Resistencia potenciómetro (con tres contactos)	
Resistencia de calentamiento, calentador de llama, bujía, calienta-cristales	
Inductancias, bobinas	
Inductancia, bobina en general	
Inductancia variable, transformador (bobina del encendido)	
Condensadores	
Condensadores en general, variables, con polaridad	
Condensador de paso coaxial, no coaxial	
Elementos semiconductores	
Transistor P-N-P y N-P-N E Emisor, B Base, C Colector	E C B E C B
Diodos rectificadores, diodos Z	
Tiristor que bloque hacia atrás, regulación por el ánodo, o por el cátodo	
Aparatos indicadores	
Instrumento indicador en general, voltímetro, reloj	V
Indicadores número de revoluciones, temperatura y velocidad	n t° v
Baterías	
Baterías en general, con varias células	12 V – +

→

A EXTRACTO NORMAS DIN 40 700 ... 40 719 (cont.)

Lámparas de incandescencia	
Lámpara incandescencia con uno o dos cuerpos lumínicos	
Diferentes componentes	
Antena	
Fusible	
Imanes permanentes	
Salto de chispa, bujía	
Bocina o claxon, altavoz, micrófono	
Componentes piezoeléctricos	
Representación de aparatos con conexión interior de circuito	
Línea de raya y punto o bien enmarc. de las partes del circuito que pertenecen al mismo	
Aparato apantallador, enmarcado con conexión a masa	
Representación de aparatos sin el circuito interior	
Aparato o miembro del circuito. Dentro de los cuadrados se pueden introducir aclaraciones: símbolos de conexiones, símbolos de fórmulas, diagramas, símbolos de los instrumentos	
Inversor, transformador, memoria, en general	
Regulador, la magnitud de regulación se da dentro del triángulo, p. ej., U = regulación de tensión	
Ejemplos de símbolos de aparatos	
Generador Hall	
Amplificador	
Convertidor de frecuencia	f_1 / f_2
Multiplicador de frecuencia	f / nf
Divisor de frecuencia	f / $\frac{f}{n}$
Inversor de impulsos (inversión)	
Formador de impulsos	
Transformador de medidas (temperatura/corriente)	$t°$ / I
Transmisión, variador del número de revoluciones	n_1 / n_2

Máquinas eléctricas	
Inducido, inducción con bobinas y escobillas	
Inducido de patín (emisor), inducido con imán permanente	
Corriente continua, alterna, trifásica	3~
Bobinado en estrella, triángulo, bobinas	
Generador de corriente continua, motor de corriente continua, generador de corriente alterna, generador de corr. alt. trifásica	G M G G 3~
Máquinas en paralelo, en serie, y en doble circuito	
Magneto, captador inductivo	
Generador de corriente alterna en conexión en estrella; colector de anillo de fricción con bobinado excitatriz	
APARATOS DEL VEHÍCULO	
A - Montajes	
Memoria	
Antena	
Radio/estéreo	
Radio/estéreo	
Transistor	
Velocímetro electrónico	km/h mph
B - Transductores	
Claxon	
Claxon	
Altavoz	
Sintetizador vocal	
Inductor bimetálico térmico	
Sensor	
Sensor de cilindrada	
Sensor de inducción	
Sensor de inducción (controlado por una marca de referencia)	

Captador piezoeléctrico	
Sonda Lambda	λ
Medidor del caudal de aire	
Medidor de la masa de aire	
Indicador del caudal, indicador del nivel de combustible	
Termostato. Sonda de temperatura	
Captador inductivo	
C - Condensadores	
Condensador en general	
Condensador variable	
Condensador con polaridad	
E - Faros	
Faros altos	
Faros de carretera	
Bombilla lateral	
Faros de circulación	
Faro antiniebla frontal	
Faro antiniebla posterior	
Faro de marcha atrás	
Bombilla de iluminación interior	
Bombilla de lectura de cartas	
Distribuidor del encendido, en general	
Bujía de encendido	
Bombilla de compartimento	
Faro	
Bombilla	
F - Dispositivos de protección	
Fusible	F16

G - Generadores	
Generador	
Fuente de poder/batería	
H - Dispositivos de aviso	
Indicador	
Bombilla de indicación a la izqda.	
Bombilla de indicación a la dcha.	
Faros de emergencia	
K - Relés	
Relé	
Emisor del intermitente, emisor de intermitencias, relé del intermitente, emisor de impulsos, relé de intervalos	
M - Motores	
Motor	
Antena eléctrica	
Motor con ventilador Roots, ventilador	
Motor del limpiaparabrisas	
N - Reguladores	
Regulador del voltaje	
Aparato regulador de tensión, estabilizador	
Regulador de tensión, generador de corriente alterna con regulador	
P - Medidores/calibres	
Calibre	
R - Resistencias	
Resistencia	
Resistencia variable/reóstato	
Encendedor	
Elemento de calefacción	
Precalentamiento de combustible/bujía incandescente	
Calefacción de las lunetas posteriores	

→

A EXTRACTO NORMAS DIN 40 700 ... 40 719 (cont.)

Calefacción del parabrisas	
Calefacción del espejo exterior	
Calefacción del asiento	
S - Interruptores	
Interruptor	
Interruptor de contacto	
Interruptor de presión	
Interruptor de temperatura	
T - Transformadores	
Bobina de encendido	
V - Semiconductores	
Diodo electroluminescente	
Fotodiodo	
W - Cables de recambio	
Conector	
Y - Solenoide	
Válvula solenoide	
Bomba de combustible eléctrica, accionamiento por parte del motor de la bomba hidráulica	

SÍMBOLOS DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS (Extracto de la DIN 40 719/2)

Letra	Tipo de aparato	Ejemplos
A	**Instal., grupo montaje, grupo piezas**	Autorradio, aparato combi, aparato de conmutación, aparato de regulación
B	**Transformador de magn. no eléctricas en magn. eléctricas y viceversa**	Sensores, sondas, captadores, claxons, claxon de señales, micrófono, altavoz, medidor del caudal de aire
C	**Condensadores de todos los tipos**	
D	**Elementos binarios, memorias**	Dispositivos digitales, circuitos de conmut. integ., acumulad. de memorias, temporizadores, relés temporizados
E	**Aparatos que no se presentan en otro lugar**	Iluminación de todo tipo, aparatos de calefacción, acondicionadores de aire, bujías, distribuidores del encendido
F	**Dispositivos de protección**	Aparato de protec. de la polaridad, fusibles, protec. por exceso de corriente, aparato de protec. contra sobretensión.
G	**Suministo de corriente**	Batería, generador, aparato rectificador, aparato cargador, generador del encendido magnético, transformador
H	**Aparatos de control, aparatos de aviso, aparatos señalizadores**	Apar. alarma acúst., lámp. indicad., controles con luces destell., intermit., luces freno, indicac. luces largas, control generador, lámp. control, lámp. señaliz., zumbador alarma
K	**Relés**	Relé batería, emisor dest., relé interm., relé acoplam. motor arranque, relé puesta en marcha, emisor dest. alarma
L	**Inductancias**	Bobina, devanados
M	**Motores**	Motor del ventilador Roots, motor del vent., motor del limpiaparabrisas, motor del lavaparabrisas, motor de arranque
N	**Regulador, amplificador**	Regulador (electrónico o electromecánico), reguladores de tensión constante
P	**Aparatos medic., indicad. y comprob.**	Apar. comprobac., tacómetros, relojes, instrum. indic. y medic., conex. Por diagnóstico, punto medic., apar. medida
R	**Resistencias**	Bujía inflamc., bujía incandescencia, controlador calefac., resistencia calefac., potenciómetro, resistencia regulac., resistencia adicional, línea resistencia, encendedor cigarrillos
S	**Interruptores**	Interruptores y pulsadores de todas clases, interruptor de encendido
T	**Transformadores**	Convertidor corriente, bobina encendido
U	**Convertidores de magnitudes, eléctricas en otras, moduladores**	Convertidor de corriente continua, convertidores de todas clases
V	**Semiconductores**	Diodos, semiconductores de todas clases, transistores, tiristores, diodos Z
W	**Canales de comunicación, conducciones, antenas**	Antenas, parte blindada, conducción apantallada, mazo de cables, conducción, línea a masa

X	**Bornes, enchufes, conexiones enchuf.**
	Conexiones, bornes, cajas de enchufes, conexiones enchufables
Y	**Dispositivos mecánicos accionados eléctricamente**
	Imán permanente, válv. inyección, electrobomba combust., electroimán, elevador magnét., válv. electroimán, bloqueo puertas, cierre centralizado
Z	**Filtro eléctrico**
	Elem. elimin. perturbac., bobina filtro

SÍMBOLOS DE IDENTIFICACIÓN

Masa de aire/temperatura/flujo/acondicionado	
Sistema antibloqueo de frenos	ABS
Cenicero	
Transmisión automática	R M D 2 1
Batería/encendido	− +
Capó	
Maletero/apertura del maletero	
Líquido de frenos/Freno de mano	
Líquido de frenos/presión	
Pastillas de frenos desgastadas	
Alarma de frenos	
Carburador/Choke	
Cerradura centralizada	
Circuito/prueba de bombillas	
Reloj	
Ventilador del líquido	
Nivel del líquido de refrigeración	
Temperatura del líquido de refrigeración	
Control de velocidad crucero	
Reloj digital/Ordenador de a bordo	
Distribuidor	
Puerta	
Espejo exterior	
Elevalunas eléctrico	
Aceite del motor	
Nivel del aceite del motor	
Control de torsión del motor	
Gas de escape	
Dirección en las cuatro ruedas	
Combustible/inyección	
Cambio de marcha	
Freno de mano	
Motor de los faros de carretera	
Rociador para limpiar los faros	
Limpiafaros/rociador	
Limpiafaros	
Calefacción/motor CA del ventilador	
Válvula de admisión múltiple	
Lambda	λ
Nivel de líquido/Flujo de aire	Q
Ningún símbolo	
Rociador y limpialuneta posterior	
Lavaluneta posterior	
Rociador luneta posterior	
Velocidad de rotación	n
Cinturón de seguridad	
Avance/retroceso del asiento	
Ajuste en altura del asiento	
Reclinación del asiento	
Techo solar	
Velocidad	v
Árbol de dirección/volante	
Tacómetro/velocidad al vacío	1.000 rpm
Temperatura	t
Hora	
Remolque	
Turbo	TURBO
Nivel del líquido de los rociadores	
Rociador y limpiaparabrisas	
Rociador del parabrisas	
Limpiaparabrisas	
Suspensión controlada electrónicamente	
Emisor de precaución auxiliar	

→

SOLUCIONES

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

UNIDADES	RESPUESTAS CORRECTAS DE LA SECCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	b	a	d	a	c	b	b	d	d	b
2	b	d	a	d	a	c	b	b	b	c
3	b	a	c	d	a	a	b	b	c	d
4	d	d	a	b	a	b	a	c	a	c
5	c	a	c	b	b	a	b			
6	c	b	b	a	b	b	d	a	c	a
7	d	c	a	c	d	c	c	a	d	d
8	c	b	d	d	a	a	b	c	b	
9	b	d	d	d	b	b	a	b	a	c